



TecNM



Impulsando la Innovación, la Tecnología y la Gestión Estratégica para el Desarrollo Social y Solidario



COORDINADORES:

Mario Macario Ruiz Grijalva
Fátima Yaraset Mendoza Montero
Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Rigoberto Reyes Valenzuela
Manuel de Jesús López Pérez

EDICIÓN ESPECIAL

Prof. Ramón Jiménez López
Maestro, guía e inspiración
de generaciones.



INNOVACIÓN
Nuevas ideas y soluciones
para los desafíos actuales
y futuros



TECNOLOGÍA
Aplicación del conocimiento
para transformar procesos
y mejorar la vida de las
personas.



GESTIÓN ESTRATÉGICA
Planeación, liderazgo y toma
de decisiones para instituciones
más eficientes y sostenibles.



**DESARROLLO SOCIAL
Y SOLIDARIO**
Compromiso con la equidad,
la inclusión y
el bienestar colectivo.



**PERSPECTIVA
MULTIDISCIPLINARIA**
Diálogo entre disciplinas
para generar conocimiento
con impacto real.

**TecNM: Impulsando la Innovación, la Tecnología y la Gestión Estratégica para el
Desarrollo Social y Solidario**
Edición Especial Prof. Ramón Jimenez López

ISBN México (CENID): 978-607-8830-70-1
<https://doi.org/10.23913/9786078830701>

Primera edición, 2026 Todos los derechos reservados.

© **2026, coordinadores.** Mario Macario Ruiz Grijalva, Fátima Yaraset Mendoza Montero, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Rigoberto Reyes Valenzuela, Manuel de Jesús López Pérez.

© **2026, autores.** Mario Macario Ruiz Grijalva, Dora Ivette Rivero Caraveo, Claudia Anglés Barrios, Irving Bruno López Santos, Antonio Andrés Pérez Méndez, Ruth Amelia Martell Paniagua, Gimenea Paulina Zamora Argumedo, Martín Rafael Tavera Acosta, Carlos Francisco Sánchez Viramontes, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Miguel Ángel Hernández Rivera, Mara Dennise Salcido Celada, Gabriela Alejandra Barrón Ortega, Viridiana Reyes Uribe, Norberto López Garza, Rosa Silvana Cera Gaytán, Ivana Elena Ibarra Hernández, Jorge Adolfo Pinto Santos, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Karen Martínez Diego, Arturo González Torres, Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray, Fátima Yaraset Mendoza Montero, Martha Susana Brauer Aguilar, Gerardo Quiroz Bojorges, Ofelia Gómez Landeros, Ivetteh Virginia Medina Medina, Pavel David Ulises Avendaño López, Cynthia Figueroa Anzures, Vianey Ríos Romero, Yearim Medina Molina, Guillermo Prieto Avalos, Rigoberto Reyes Valenzuela, Manuel de Jesús López Pérez, Julio Alejandro Valdez González, Gabriel Ernesto Pando Martínez, Daniel Saucedo Carbajal, Nicolás Velázquez Limón, Manuel Cervantes Astorga, Albino Martínez Sibaja, José Pastor Rodríguez Jarquin, Enrique de la Vega Bustillos, Rafael García Martínez, Karla Patricia Lucero Duarte, Francisco Alberto Martínez Villa, Rodolfo Martínez Gutiérrez, Gaudencio Lucas Bravo.

Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores. Esta obra cumple con el requisito de evaluación por dos pares de expertos.

Edición y diagramación: Orlanda Patricia Santillán Castillo

Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC es miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Socio #3758.

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra mediante algún método sea electrónico o mecánico (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, la grabación o cualquier sistema de recuperación o almacenamiento de información), sin el consentimiento por escrito del editor.

© 2026 Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México Teléfono: 01 (33) 1061 8187 Registro Definitivo Reniecyt No.1700205 a cargo de la SECIHTI.

CENID y su símbolo identificador son una marca comercial registrada. Impreso en México / Printed in México

Si desea publicar un libro o un artículo de investigación contáctenos.
www.cenid.org redesdeproduccion@cenid.org



Editorial CENID

TecNM: Impulsando la Innovación, la Tecnología y la Gestión Estratégica para el Desarrollo Social y Solidario

Coordinadores

Mario Macario Ruiz Grijalva
Fátima Yaraset Mendoza Montero
Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Rigoberto Reyes Valenzuela
Manuel de Jesús López Pérez

Autores

Mario Macario Ruiz Grijalva, Dora Ivette Rivero Caraveo, Claudia Anglés Barrios, Irving Bruno López Santos, Antonio Andrés Pérez Méndez, Ruth Amelia Martell Paniagua, Gimenea Paulina Zamora Argumedo, Martín Rafael Tavera Acosta, Carlos Francisco Sánchez Viramontes, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Miguel Ángel Hernández Rivera, Mara Dennise Salcido Celada, Gabriela Alejandra Barrón Ortega, Viridiana Reyes Uribe, Norberto López Garza, Rosa Silvana Cera Gaytán, Ivana Elena Ibarra Hernández, Jorge Adolfo Pinto Santos, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Karen Martínez Diego, Arturo González Torres, Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray, Fátima Yaraset Mendoza Montero, Martha Susana Brauer Aguilar, Gerardo Quiroz Bojorges, Ofelia Gómez Landeros, Ivetteh Virginia Medina Medina, Pavel David Ulises Avendaño López, Cynthia Figueroa Anzures, Vianey Ríos Romero, Yearim Medina Molina, Guillermo Prieto Avalos, Rigoberto Reyes Valenzuela, Manuel de Jesús López Pérez, Julio Alejandro Valdez González, Gabriel Ernesto Pando Martínez, Daniel Saucedo Carbajal, Nicolas Velázquez Limón, Manuel Cervantes Astorga, Albino Martínez Sibaja, José Pastor Rodríguez Jarquin, Enrique de la Vega Bustillos, Rafael García Martínez, Karla Patricia Lucero Duarte, Francisco Alberto Martínez Villa, Rodolfo Martínez Gutiérrez, Gaudencio Lucas Bravo.

Proceso de revisión de pares	6
Presentación	7
Programación competitiva como estrategia tutorial para el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de ingeniería: fundamentos y propuesta metodológica <i>Mario Macario Ruiz Grijalva, Dora Ivette Rivero Caraveo, Claudia Anglés Barrios, Irving Bruno López Santos</i>	9
Rendición de cuentas, transparencia y acceso a la información pública en México: avances, retos y controversias. <i>Antonio Andrés Pérez Méndez, Ruth Amelia Martell Paniagua, Gimenea Paulina Zamora Argumedo, Martín Rafael Tavera Acosta</i>	35
Modelo con la metodología de economía social y solidaria para la producción, industrialización y comercialización de productos a base de nopal en zonas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua. <i>Carlos Francisco Sánchez Viramontes, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Miguel Ángel Hernández Rivera</i>	47
De los datos a la decisión: gestión estratégica en educación superior tecnológica <i>Mara Dennise Salcido Celada, Gabriela Alejandra Barrón Ortega, Viridiana Reyes Uribe, Norberto López Garza</i>	61
El enfoque humanista y de justicia social en la educación media superior y superior en México: percepciones estudiantiles sobre pensamiento crítico y vinculación con el entorno <i>Rosa Silvana Cera Gaytán, Ivana Elena Ibarra Hernández, Jorge Adolfo Pinto Santos, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía</i>	80
Análisis del modelo de internacionalización y alineación ética de IPSUMTEC bajo normativas internacionales <i>Karen Martínez Diego, Arturo González Torres, Fátima Yaraset Mendoza Montero, Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray</i>	100
E-service quality, institutional trust, and open access: critical variables in digital platforms for scientific publication in Latin America <i>Fátima Yaraset Mendoza Montero, Arturo González Torres, Vianey Ríos Romero, Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray</i>	112

Tecnologías inteligentes aplicadas al emprendimiento social: un enfoque empírico <i>Martha Susana Brauer Aguilar, Gerardo Quiroz Bojorges</i> <i>Ofelia Gómez Landeros, Ivetteh Virginia Medina Medina</i>	127
Inteligencia artificial generativa y pensamiento crítico: transformaciones en la práctica docente y el aprendizaje <i>Pavel David Ulises Avendaño López, Cynthia Figueroa Anzures</i> <i>Vianey Ríos Romero, Yearim Medina Molina</i>	141
Impacto de los dispositivos semiconductores en la implementación física de redes de radio cognoscitiva <i>Guillermo Prieto Avalos, Rigoberto Reyes Valenzuela,</i> <i>Manuel de Jesús López Pérez, Julio Alejandro Valdez González</i>	160
Diseño de un novedoso generador para un sistema de enfriamiento por absorción. <i>Gabriel Ernesto Pando Martínez, Daniel Saucedo Carbajal</i> <i>Nicolas Velázquez Limón, Manuel Cervantes Astorga</i>	174
Prototipo de sistema de verificación de identidad mediante reconocimiento facial basado en visión artificial con requisitos mínimos de hardware para admisión a instituciones al TECNM. <i>Rigoberto Reyes Valenzuela, Albino Martínez Sibaja</i> <i>Manuel de Jesús López Pérez, José Pastor Rodríguez Jarquin</i>	193
Salud mental docente durante el teletrabajo de emergencia: evidencia empírica en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (2020-2022) <i>Enrique de la Vega Bustillos, Rafael García Martínez,</i> <i>Karla Patricia Lucero Duarte, Francisco Alberto Martínez Villa</i>	213
Economía social y solidaria, RED RIESS y agenda 2030: Análisis documental de casos regionales del Norte, Centro y Sur de México <i>Rodolfo Martínez Gutiérrez, Gaudencio Lucas Bravo</i>	227

Proceso de revisión de pares

Los trabajos publicados en la presente obra se han sometido al proceso de revisión por pares de expertos que a su vez forman parte del comité editorial. Los evaluadores emiten un juicio sobre las propuestas de publicación con las observaciones que consideran pertinentes. Cuando la evaluación es positiva, las observaciones de los evaluadores se envían a los autores mediante los editores.

Comité Editorial

Angélica Jeannette Vera Sagredo

Universidad Católica de la Santísima Concepción / Chile
<https://orcid.org/0000-0003-1657-2241>

Jesús García Reyes

Universidad Nacional Autónoma de México / México
<https://orcid.org/0000-0003-1145-7164>

Lidia López Lozano

Universidad de Sevilla / España
<https://orcid.org/0000-0002-5181-638X>

Angélica Jeannette Vera Sagredo

Universidad Católica de la Santísima Concepción / Chile
<https://orcid.org/0000-0003-1657-2241>

Jaime Brenes Madriz

Instituto Tecnológico de Costa Rica / Costa Rica
<https://orcid.org/0000-0003-2325-8808>

Daniel Pablo de la Cruz Sanchez Mata

Universidad Complutense de Madrid / España
<https://orcid.org/0000-0001-5274-6267>

Rafael Montanari

Universidade Estadual Paulista / Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-3557-2362>

Presentación

Las grandes etapas del desarrollo de la humanidad no podrían comprenderse sin el avance del conocimiento. Este, a su vez, ha sido posible gracias a la capacidad del ser humano para observar, imaginar, cuestionar, innovar y transformar su realidad en una armonía con la naturaleza y con la sociedad.

En un mundo interrelacionado, que se encuentra en constante transformación, la creatividad, la independencia y la conciencia social son atributos profundamente humanos que se fortalecen a lo largo de la vida. En ese proceso existen personas que sobresalen por sus propias capacidades, pero hay también quienes hacen historia, aquellos que dedican su vida a despertar, acompañar y potenciar las capacidades de los demás.

Desde esa perspectiva puede comprenderse la trayectoria del profesor Ramón Jiménez López, un educador por vocación, forjador de miles de seres humanos de buen corazón que asegurarán a la nación el futuro prometedor que da el desarrollo científico y tecnológico.

Su visión y determinación ha permitido forjar una masa crítica de personas que aseguran la continuidad del progreso a través del conocimiento, ese es el caso de más de 600,000 jóvenes que desarrollan su conocimiento a la vez que crean conocimiento en las aulas de los Institutos Tecnológicos del país, desde donde investigan, innovan, crean y proponen soluciones para los grandes desafíos nacionales.

Cada estudiante que se incorpora a la institución de educación superior tecnológica más grande de México, debe saber que llega a una institución que sabe conjugar el rigor de la ciencia y la tecnología con la sensibilidad profundamente humana de las artes, la disciplina del deporte y el compromiso social de la formación cívica, de esta convergencia emanan profesionistas con creatividad, pensamiento independiente y conciencia de la responsabilidad que tienen frente a su tiempo y frente a su patria.

Por ello, este libro constituye tanto una aportación académica como un reconocimiento a la incansable labor del profesor Ramón Jiménez López y al impulso que, durante su gestión, ha otorgado a los proyectos concebidos por la comunidad del TecNM. Iniciativas que nacen en las aulas, laboratorios, talleres y espacios de vinculación, y que comparten un mismo propósito: contribuir al bienestar de las comunidades, a la justicia social y a la transformación de México.

La presente obra reúne investigaciones provenientes de distintas áreas del conocimiento. En su diversidad temática y metodológica, cada una es la expresión viva de la capacidad científica, tecnológica y humanística que distingue al Tecnológico Nacional de México. Son trabajos que buscan comprender la realidad, generar conocimiento y ofrecer alternativas con rigor científico y sentido humano para transformarla.

A través de diversos enfoques metodológicos y campos de estudio, los capítulos abordan temas relacionados con la retención estudiantil, el aprendizaje autorregulado, el pensamiento computacional, el pensamiento crítico, la incorporación responsable de la inteligencia artificial generativa y la articulación entre modelos educativos orientados a una formación integral, contextualizada y socialmente relevante. Adicionalmente, el trabajo también incorpora investigaciones vinculadas al desarrollo y aplicación de tecnologías en áreas específicas, incluyendo el diseño de sistemas de energía y refrigeración, la gestión inteligente del espectro radioeléctrico y el desarrollo de soluciones de inteligencia artificial para la validación de identidad en procesos educativos.

En general, las obras que componen este volumen expresan la diversidad y, al mismo tiempo, la convergencia de los desafíos que enfrenta la sociedad contemporánea. La educación, la tecnología, la gestión, la innovación y el compromiso social.

Los capítulos nos invitan a comprender el comportamiento de la matrícula, reflexionar sobre los cambios respecto a mecanismos de transparencia y el acceso a la información pública en las instituciones, así como el estudio de las condiciones que afectan la comunicación y gestión académica digital, demuestra que los datos, estándares y plataformas adquieren verdadero valor cuando se convierten en herramientas para fortalecer la toma de decisiones, la rendición de cuentas y la sostenibilidad de las organizaciones. Además, se incluye, la economía social y solidaria, el emprendimiento social y las experiencias desarrolladas en diferentes regiones de México que amplían la reflexión hacia modelos en los que la innovación y las tecnologías pueden ser puestas al servicio de la comunidad, la sostenibilidad, el desarrollo territorial y el fortalecimiento comunitario.

Desde esta perspectiva, el avance del conocimiento y el progreso tecnológico se encuentran en la dimensión social cuando contribuyen a fortalecer las capacidades, construir redes y abordar problemáticas con responsabilidad y un sentido colectivo.

Esta obra es una expresión del legado que trasciende a las personas: el de una institución que educa para liberar el pensamiento, para potenciar las capacidades del ser humano, una institución que democratiza el conocimiento y pone la ciencia y la tecnología al servicio del pueblo de México.

Andrea Zárate Fuentes

Programación competitiva como estrategia tutorial para el desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de ingeniería: fundamentos y propuesta metodológica

Competitive programming as a tutorial strategy for developing computational thinking in engineering students: foundations and methodological proposal

Mario Macario Ruiz Grijalva

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
mario.rg@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8912-2535>

Dora Ivette Rivero Caraveo

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
dora.rc@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3428-5246>

Claudia Anglés Barrios

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
claudia.ab@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8935-0968>

Irving Bruno López Santos

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
irving.ls@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0003-9947-3288>

Disciplina. Tecnología educativa

Resumen

Uno de los retos en las instituciones de educación superior es la permanencia estudiantil, específicamente en carreras de ingeniería, donde las materias de programación presentan altos índices de reprobación. El Programa Institucional de Tutorías (PIT) del Tecnológico Nacional de México es una estrategia de acompañamiento académico y formativo del estudiante, cuyo objetivo es incidir en la permanencia y su éxito académico. Esta investigación propone una metodología basada en la incorporación de talleres de programación competitiva como actividad de formación complementaria integrada en el PIT, con el fin de desarrollar el pensamiento computacional en estudiantes de nuevo ingreso. El fundamento teórico de la propuesta es el modelo de aprendizaje autorregulado de Zimmerman, sustentado empíricamente en la literatura científica. Metodológicamente, se propone un diseño cuasiexperimental *pretest-posttest* con grupos no equivalentes para comparar a los estudiantes que participen en los talleres con aquellos que no lo hagan. Se evaluarán la autoeficacia en programación, el aprendizaje autorregulado y el pensamiento computacional, antes y después de la intervención. Asimismo, al finalizar el semestre se evaluará el desempeño académico. Para el análisis se considerará las diferencias iniciales entre los grupos y variables relacionadas con la

experiencia previa de programación. Se espera que la metodología propuesta contribuya al fortalecimiento de habilidades cognitivas y metacognitivas. Además, se espera mejorar el rendimiento académico e incidir positivamente en la permanencia de los estudiantes de nuevo ingreso.

Palabras clave: programación competitiva, tutoría académica, pensamiento computacional, aprendizaje autorregulado, educación en ingeniería

Abstract

One of the challenges that higher education institutions face is student retention, particularly in engineering programs, where programming courses have high failure rates. The Institutional Tutoring Program (PIT) at the *Tecnológico Nacional de México* (TecNM) is a strategy for providing academic and developmental support to students, aimed at promoting student retention and academic success. Esta investigación propone una metodología basada en la incorporación de talleres de programación competitiva como actividad de formación complementaria integrada en el PIT, con el fin de desarrollar el pensamiento computacional en estudiantes de nuevo ingreso. El fundamento teórico de la propuesta es el modelo de aprendizaje autorregulado de Zimmerman, sustentado empíricamente en la literatura científica. This research proposes a methodology based on the incorporation of competitive programming workshops as a complementary educational activity integrated into the PIT, with the aim of developing computational thinking in first-year students. The theoretical foundation of the proposal is Zimmerman's self-regulated learning model, which is empirically supported by the scientific literature. Regarding the methodology, a quasi-experimental pretest-posttest design with non-equivalent groups is proposed to compare students who participate in the workshops with those who do not. Programming self-efficacy, self-regulated learning and computational thinking will be assessed before and after the intervention. Academic performance will be evaluated too at the end of the semester. Initial differences between the groups and variables related to prior programming experience will be considered in the analysis. The proposed methodology is expected to contribute to strengthening cognitive and metacognitive skills. In addition, improvements in academic performance and first-year student retention are expected.

Keywords: competitive programming, academic tutoring, computational thinking, self-regulated learning, engineering education

Introducción

En la actualidad, uno de los principales retos que afrontan las Instituciones de Educación Superior (IES) es la permanencia estudiantil, la cual se ve afectada por un alto índice de reprobación y deserción. Por lo anterior, las IES a lo largo del tiempo han implementado diversas estrategias para acompañar el proceso de adaptación académica de los estudiantes con el fin de fortalecer su permanencia. En ese sentido, en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), el Programa Institucional de Tutorías (PIT) es uno de los mecanismos principales para el acompañamiento del alumnado y tiene como objetivo apoyar su desarrollo integral mediante acciones de orientación y seguimiento, así como la implementación de estrategias formativas para favorecer su éxito académico.

En el marco de la normativa del TecNM, las actividades de formación complementaria fomentan las competencias académicas y profesionales que no siempre pueden desarrollarse dentro de las asignaturas formalmente establecidas en los planes de estudio. De acuerdo con el Manual de Lineamientos Académico-Administrativos los créditos de formación complementaria son actividades académicas, culturales o de desarrollo profesional para la formación integral de los estudiantes, entre las cuales se incluyen la participación en talleres, cursos, certificaciones, conferencias, proyectos o eventos formativos (Tecnológico Nacional de México, 2015).

Cabe mencionar que, de acuerdo con la *Estadística Educativa del TecNM 2024-2025*, El 84 % de la matrícula total del Tecnológico Nacional de México corresponde a programas de ingeniería (Tecnológico Nacional de México, 2025). Asimismo, con base en los datos de matrícula de la estadística mencionada, así como la revisión de las retículas de los programas educativos de ingeniería, se identificó que, a nivel nacional dentro del TecNM, el 63% de los estudiantes de ingeniería se encuentra inscrito en programas que incluyen al menos una asignatura de programación (véase tabla 1.1). Para esta revisión se consideraron como programas con asignaturas de programación aquellos que incluyen en su plan de estudios al menos una asignatura obligatoria en la que se aborda la programación mediante el uso de un lenguaje.

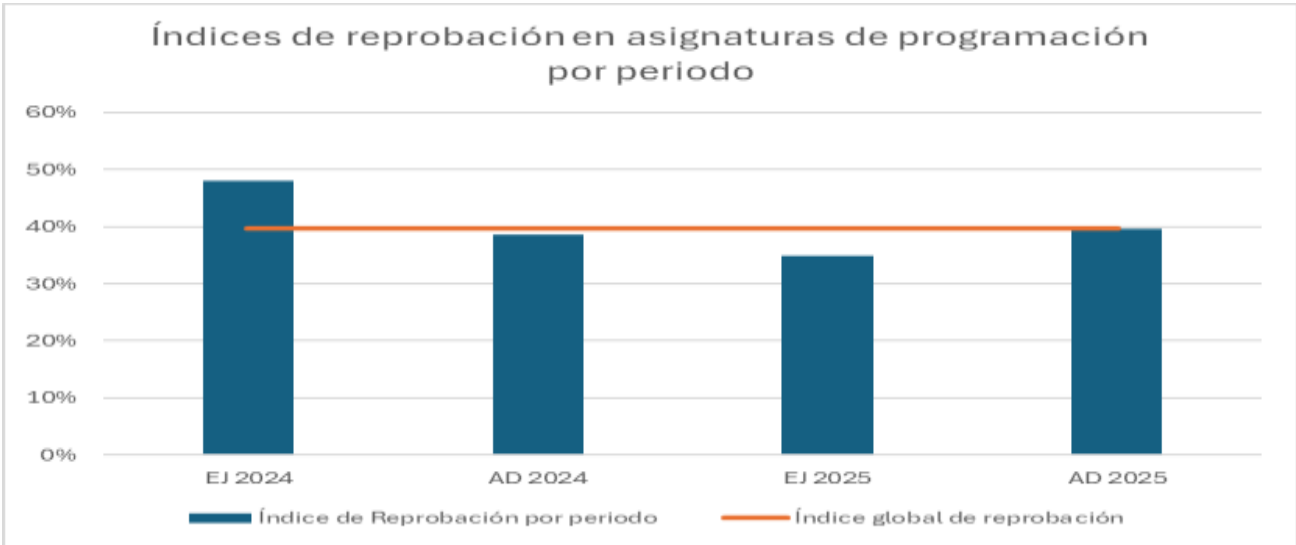
Tabla 1.1. Matrícula en programas de ingeniería que incluyen asignaturas de programación

Indicador	TecNM (nivel nacional)	ITCJ (nivel local)
Matrícula total	573,976	6,685
Matrícula en programas de ingeniería nivel licenciatura	481,825	5,219
Porcentaje de matrícula de ingeniería nivel licenciatura	83.95 %	78.07 %
Matrícula en ingenierías con asignaturas de programación	303,210	3,772
Porcentaje respecto a la matrícula de ingeniería	62.93 %	72.27 %

Fuente. Elaboración propia a partir de la Estadística Educativa del TecNM 2024-2025 (Tecnológico Nacional de México, 2025) y de la revisión de las retículas de los programas educativos de ingenierías del TecNM.

En el contexto particular del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ), se realizó un análisis exploratorio de los índices de reprobación en las asignaturas de programación correspondientes a cuatro periodos, comprendidos entre enero-junio de 2024 hasta agosto-diciembre de 2025. Para ello, se analizaron los reportes finales de 61 grupos con un total de 1,572 estudiantes, pertenecientes a ocho programas de ingeniería. La información fue proporcionada por parte de la Jefatura de Proyecto Docente del Departamento de Sistemas y Computación del ITCJ y obtenida a partir de los reportes finales del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), que es parte de la documentación que entregan los docentes al finalizar el semestre. El índice global de reprobación se calculó considerando el total de estudiantes reprobados con respecto al total de estudiantes inscritos en todos los grupos analizados, obteniéndose un 40 % para los cuatro periodos en conjunto. Como se observa en la figura 1.1, los índices de reprobación oscilaron entre 35 % y 48%, lo que evidencia la persistencia de la reprobación en estas asignaturas durante el periodo analizado.

Figura 1.1. Índices de reprobación de cursos introductorios de programación del periodo enero-junio 2024 a agosto-diciembre 2025



Fuente. Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la Jefatura de Proyectos de Docencia del Departamento de Sistemas y Computación del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

La complejidad del aprendizaje de la programación ha sido ampliamente. De acuerdo con la literatura consultada, el desarrollo del pensamiento computacional es una competencia fundamental para la enseñanza y aprendizaje de la programación. Esta habilidad se sustenta en procesos cognitivos como la descomposición de problemas, abstracción, reconocimiento de patrones y diseño algorítmico. Asimismo, diversos trabajos de investigación han encontrado que el desarrollo de esta competencia se ve influenciado no solamente por los contenidos técnicos, sino también por variables psicoafectivas y metacognitivas como la autoeficacia y estrategias de aprendizaje autorregulado (Li et al., 2025).

De acuerdo con el modelo de Zimmerman, el aprendizaje autorregulado es un proceso cíclico que involucra tres fases: planificación, ejecución y autorreflexión. En la presente investigación, se propone una metodología para implementar talleres de programación competitiva como actividad complementaria de tutorías, para estudiantes de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Mecatrónica, utilizando como referencia el modelo mencionado. La finalidad de dicha intervención es la medición y mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación, con el objetivo de fomentar el pensamiento computacional e influir en la disminución del índice de deserción por reprobación de las materias introductorias de programación. A continuación, se presenta una revisión de literatura que sustenta la metodología propuesta. Posteriormente se proponen las fases metodológicas para su implementación futura en el periodo agosto-diciembre de 2026. También se presentan y discuten los resultados esperados, para finalmente definir las futuras líneas de investigación de este trabajo.

Permanencia y deserción en educación superior

Actualmente, uno de los desafíos más relevantes en la educación superior es disminuir los índices de reprobación y deserción estudiantil. Esta problemática, genera preocupación en las instituciones y en el personal académico que participan directamente en los procesos formativos,

quienes han tenido que replantear estrategias para acompañar de manera más cercana a los estudiantes en riesgo.

Galve-González et al. (2024) expresan que a los estudiantes de los primeros semestres de la universidad se les dificulta más adaptarse a las demandas académicas, lo que resulta en tasas de deserción de hasta el 54 % en algunas regiones del mundo, como América Latina y el Caribe. Los jóvenes ingresan a la universidad y se enfrentan a una situación totalmente distinta a la que conocen en su anterior experiencia escolar: la presión académica es mayor, los contenidos sobre todo en programas de ingeniería son extensos y presentan un nivel de dificultad alto.

Diversas investigaciones han abordado la deserción desde una perspectiva integral que reconoce su carácter complejo. Tal es el caso de Katt Morales et al. (2025) quienes realizaron una revisión de investigaciones recientes en la que sostienen que el abandono universitario no puede explicarse por una causa aislada; por el contrario, se trata de un fenómeno complejo que surge de la convergencia entre distintos factores académicos, económicos, personales e institucionales, que se manifiestan en distintos contextos educativos a nivel nacional e internacional. Los autores mencionados subrayan, además, la necesidad de fortalecer las acciones tutoriales apoyadas en tecnologías de la información y la comunicación, con el fin de implementar mecanismos preventivos oportunos y no únicamente medidas correctivas, favoreciendo así un acompañamiento más pertinente dentro del proceso formativo.

En la misma línea, Valencia-Arias et al. (2026) coinciden en el carácter multicausal del fenómeno y aportan datos que permiten dimensionar su alcance. Su estudio identifica que la motivación (73.7 %), el rendimiento académico (57.9 %) y las dificultades económicas (31.6 %) se encuentran entre los factores más recurrentes asociados al abandono. Además, los autores destacan que herramientas como el análisis predictivo, sistemas de alerta temprana y los programas integrales de apoyo al estudiante son estrategias útiles para identificar de manera oportuna a los estudiantes en riesgo de abandonar sus estudios.

Desde una perspectiva complementaria, Paz (2024) emplea el modelo LightGBM, una herramienta de **machine learning** basada en técnicas de **gradient boosting** para analizar variables asociadas a la deserción escolar. Los hallazgos muestran que el bajo desempeño académico es uno de los factores principales para abandonar los estudios y se asocia a las diversas dificultades que se presentan a lo largo del tiempo. El estudio mencionado encontró que la pérdida progresiva de la motivación incrementa el riesgo de deserción escolar, por lo anteriormente mencionado se destaca la importancia en la detección de factores de riesgo, así como el diseño de estrategias de aprendizaje oportunas para contribuir en la reducción de los estudiantes desertores.

En cuanto a los programas educativos de ingeniería, así como otras áreas técnicas, la permanencia y deserción tienen características propias. De acuerdo con Rubio-Tobar (2025), la dificultad elevada de los programas educativos en estas áreas, junto con las dificultades que experimentan muchos estudiantes al integrarse a la universidad, puede debilitar su permanencia y progreso académico. A partir de una revisión sistemática de la literatura, el autor señala que factores como conocimientos previos limitados en asignaturas fundamentales, la falta de aprendizaje autónomo y problemas económicos favorecen la posibilidad de abandono. Asimismo, se destaca que la incorporación de

técnicas de aprendizaje automático entre ellas, algoritmos de clasificación y modelos de aprendizaje profundo ha mostrado resultados prometedores para identificar de manera temprana a estudiantes en situación de riesgo, lo cual podría facilitar el diseño de estrategias de intervención más oportunas y focalizadas.

Rochin Berumen (2021) afirma que en México las universidades deben tomar acciones para resolver el problema de deserción, actualizando programas de estudios, estableciendo nuevas estrategias pedagógicas, asesorías y el acompañamiento a los estudiantes mediante un programa de tutorías. Una de las instituciones más grandes en México es el Tecnológico Nacional de México (TecNM), que se encuentra presente en todo el país ofreciendo educación accesible a los estudiantes que desean una preparación profesional. De acuerdo con información de Ramírez Castillejo et al. (2019), alcanza una eficiencia terminal de aproximadamente 58 %, cifra que pone de manifiesto el impacto que tiene la deserción escolar en la finalización oportuna de los estudios por parte de los estudiantes. Con base en esta información es necesario implementar estrategias que busquen en lo posible disminuir los índices de deserción y reprobación.

Se ha mencionado que el fenómeno de deserción es un problema multidimensional, uno de los factores es la falta de integración social. Investigaciones desarrolladas en distintos contextos, entre ellos México y Rusia, evidencian que la participación activa en actividades extracurriculares, así como la interacción frecuente con profesores y compañeros, se asocia con una mayor probabilidad de continuidad en los estudios. En este sentido, la permanencia estudiantil no depende exclusivamente del rendimiento académico, sino también del grado de integración del estudiante en la vida universitaria (Rubio-Tobar, 2025).

Con base en estadísticas del TecNM y el análisis exploratorio de los índices de reprobación del ITCJ en materias de programación de los últimos dos años, se encontró que se tiene una fuerte presencia de carreras del área de ingeniería, en las cuales las asignaturas de programación básica suelen concentrar una tasa de reprobación alta, lo cual constituye un factor de deserción de los estudiantes por motivos académicos. En estudios diversos acerca del aprendizaje de la programación se ha encontrado que implica altas demandas cognitivas y que los enfoques tradicionales presentan limitaciones para abordarlo (Agbo et al., 2019). En este sentido, la programación competitiva se ha abordado como estrategia formativa complementaria, la cual muestra una mejora en el desempeño académico (Medeiros et al., 2019).

En conjunto, la evidencia revisada permite afirmar que la permanencia en la educación superior no depende de un único factor, sino de la relación estrecha entre el rendimiento académico, la motivación, las condiciones socioeconómicas y el nivel de integración institucional. No obstante, los estudios concuerdan en que las dificultades académicas son más frecuentes en los primeros años de la universidad, especialmente en asignaturas consideradas críticas dentro de los planes de estudio, lo que constituye uno de los principales factores de riesgo. De acuerdo con lo anterior, resulta necesario diseñar estrategias formativas que no solo atiendan el rezago de manera correctiva cuando este ya se ha presentado, sino que se enfoquen en desarrollar de manera temprana competencias cognitivas y académicas necesarias que permitan mejorar el desempeño académico. Desde este enfoque, la tutoría académica se entiende como una estrategia clave de acompañamiento preventivo y formativo que contribuye a la permanencia y el éxito en la trayectoria universitaria.

Tutoría académica como estrategia institucional formativa

En este contexto, la tutoría consiste en una estrategia de acompañamiento cuyo fin es el apoyo de la trayectoria académica del alumnado. La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) define esta estrategia como un proceso en donde el tutor (docente) orienta y apoya a los estudiantes tanto en el ámbito académico como en el personal. Uno de sus principales propósitos es contribuir a la permanencia escolar de los estudiantes, mejorar su rendimiento académico mediante la promoción de buenos hábitos de estudio, así como la integración a la institución (ANUIES, 2000).

En similitud con este planteamiento, la mayoría de las Instituciones de Educación Superior (IES) han incorporado programas de tutoría como parte de sus estrategias de acompañamiento estudiantil con el propósito de orientar a los alumnos durante su vida universitaria y favorecer su formación integral; no obstante, a pesar de estos esfuerzos, muchos jóvenes no terminan sus estudios (Licea Resendiz et al., 2025).

En este contexto, los programas de tutoría institucional representan un proceso fundamental y deben incluir estrategias formales y bien estructuradas en busca de la formación integral de los estudiantes, a la mejora de su desempeño académico y a la prevención de que trunquen sus estudios. Es necesario implementar actividades que les generen identidad, los motiven a continuar estudiando, les permitan socializar y de esta forma contribuir a disminuir el abandono escolar.

Como lo menciona Licea Resendiz et al. (2025), las tutorías son una estrategia de acompañamiento que busca fortalecer la autorregulación, el desempeño académico y las competencias transversales en los estudiantes como son: conocimientos técnicos, habilidades blandas, liderazgo, capacidad de resolución de problemas y pensamiento crítico para poder enfrentarse al mundo laboral.

En el sistema del Tecnológico Nacional de México se establecen lineamientos institucionales que regulan y organizan el acompañamiento tutorial dirigido a los estudiantes. Este proceso se desarrolla mediante el Programa Nacional de Tutoría (PNT), el cual establece los objetivos y orientaciones generales de la acción tutorial, mientras que cada Instituto Tecnológico implementa su Programa Institucional de Tutoría (PIT) de acuerdo con sus características y necesidades. Ambos programas tienen como propósito fortalecer la calidad educativa, promover la formación integral del alumnado y contribuir al incremento de los indicadores de permanencia, egreso y titulación en las instituciones que forman parte de este sistema (Tecnológico Nacional de México, 2015).

En este marco, la tutoría se concibe como un proceso de orientación y acompañamiento que el tutor brinda a los estudiantes a lo largo de su trayectoria académica dentro del instituto, ya sea de manera individual o grupal. Este acompañamiento se estructura en torno a tres dimensiones principales: el desarrollo académico, el desarrollo personal y el desarrollo profesional, para lograr la formación integral del estudiante (Tecnológico Nacional de México, 2015).

Garay Martínez et al. (2024) analizan en su investigación cómo la tutoría apoya la adaptación de los estudiantes y el rendimiento académico, ayudando a prevenir el rezago, desmotivación y deserción en los primeros semestres. La tutoría influye no solo en aspectos académicos, sino también

emocionales y sociales, fortalece habilidades transversales y ayuda a desarrollar el aprendizaje autónomo.

En el estudio previamente citado en donde aplicaron la tutoría grupal obligatoria los estudiantes mostraron mejores promedios de calificaciones, mayor retención (87.6 %) y menor tasa de baja por reprobación (3.1 %), lo que sugiere que la tutoría grupal favorece la adaptación, el rendimiento y previene la deserción.

Un enfoque similar es el expuesto por Vilchez Guzmán et al. (2024) para quienes la tutoría constituye una práctica pedagógica formativa, integral y preventiva en las universidades, donde el estudiante representa el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Las tutorías han impactado positivamente en la calidad educativa, en el desempeño formativo, y en la disminución del abandono escolar a través de la orientación, seguimiento y apoyo al estudiante.

La implementación de una acción tutorial organizada y sistemática que dé respuesta a las necesidades del mercado globalizado, que demanda egresados no solo con capacidades cognitivas avanzadas, sino, además, con aptitudes tales como motivación, el autoconcepto, la percepción de autoeficacia y el bienestar psicológico. Estos elementos, junto con factores como el desarrollo de habilidades, el esfuerzo personal, las oportunidades que se presentan y el nivel de complejidad de las tareas, influyen de manera significativa en los resultados del aprendizaje y en el rendimiento académico de los estudiantes.

En complemento a lo anterior, (Lara-Sotomayor et al., 2024) revisan variables que impactan el desarrollo de la autorregulación, mencionando la mediación pedagógica, asesorías y tutorías como factores que influyen en el aprendizaje autónomo de los estudiantes universitarios, lo que sustenta la importancia de la tutoría como factor promotor de autorregulación.

Autorregulación y acompañamiento estructurado

Derivado de la pandemia propiciada por el virus COVID-19 se ha observado que la deserción se incrementó y que la impartición de clases tuvo que cambiar a modalidad en línea, lo anterior dejó al descubierto que muchos estudiantes no dominan el uso de las tecnologías para uso formativo y presentan un dominio limitado del aprendizaje autorregulado (Demuner-Flores et al., 2023), esta situación hace necesario establecer estrategias que los orienten a mejorar su proceso de autonomía a través de un acompañamiento estructurado.

En esta línea, Simón-Grábalos et al. (2025) señalan que el fenómeno de abandono escolar generalmente es más alto en los primeros semestres de la universidad y que el aprendizaje autorregulado (AAR) está ligado a una mayor motivación y a un mejor desempeño académico de los estudiantes. En el estudio mencionado, también se concluyó que se requiere un enfoque holístico y continuo que incluya dimensiones cognitivas, metacognitivas, motivacionales, conductuales y afectivas. Se encontró que los talleres especializados, la utilización de herramientas virtuales y tutorías grupales e individuales ayudaron a mejorar las habilidades de los estudiantes.

Respecto a lo anteriormente mencionado, Perez y Torres-Delgado (2022) encontraron que para afrontar el fenómeno de la deserción, el aprendizaje autorregulado (AAR) es un aspecto clave, y que está estrechamente asociado con el éxito académico y la permanencia institucional.

Para Fuentes et al. (2023), el AAR es la capacidad que tienen los estudiantes para involucrarse de manera activa en la gestión de su aprendizaje, supervisando su progreso, regulando sus procesos cognitivos, su motivación y su comportamiento para alcanzar sus metas académicas. Por lo anteriormente mencionado, es esencial implementar estrategias pedagógicas que favorezcan la autonomía y el desarrollo de habilidades necesarias para enfrentar los retos profesionales que se demandan en la actualidad.

En este sentido, Rodríguez Vintimilla et al. (2025) plantean que la autorregulación del aprendizaje está relacionada con el desarrollo de competencias digitales. En el estudio mencionado se encontró que las estrategias más eficaces son la reflexión metacognitiva, en concordancia con el modelo teórico de la **autorregulación del aprendizaje** de Pintrich; la autocomprobación, el uso de herramientas interactivas, la gamificación, la retroalimentación y los entornos virtuales de aprendizaje, con los cuales se favorecen procesos de aprendizaje más autónomos y motivadores.

Para Liebendörfer et al. (2023), la evidencia sugiere que las estrategias efectivas de AAR impactan de manera positiva en los estudiantes para continuar sus estudios, a pesar de los desafíos que se les presenten. Por lo tanto, se deben detectar e implementar actividades de naturaleza intracurricular o extracurricular de manera oportuna, para mejorar el AAR en los estudiantes que inician la universidad, con el fin de obtener beneficios que desencadenen el éxito académico, reduzcan tasas de abandono y propicien un mayor bienestar psicológico.

En complemento, Hernández Barrios y Camargo Uribe (2017) mencionan que el AAR está relacionado con los constructos psicológicos de los estudiantes, incluyendo procesos mediante los cuales organizan su entorno, planean actividades que le permitan alcanzar sus objetivos, de manera autónoma y generando un aprendizaje autodirigido sustentado en la motivación académica que favorece su trayectoria estudiantil.

Panadero y Alonso-Tapia (2014a) plantean que el aprendizaje autorregulado puede comprenderse a través del modelo sociocognitivo propuesto por Zimmerman, el cual describe un proceso cíclico compuesto por tres fases interrelacionadas: planificación, ejecución y autorreflexión. Durante la planificación, el alumno analiza la tarea, define metas y estrategias para abordarla, activando además creencias motivacionales como la autoeficacia y las expectativas de resultado. Durante la fase de ejecución, se implementan estrategias de control y monitoreo del desempeño, mediante la gestión del tiempo, la regulación de la atención y ajuste de acciones conforme realiza la tarea. Finalmente, en la etapa de autorreflexión, el estudiante analiza su desempeño, identifica los factores que influyeron en sus resultados y realiza ajustes que le permiten mejorar su aprendizaje en el futuro. A partir del modelo propuesto por estos autores, los estudiantes pueden gestionar de manera consciente sus procesos cognitivos, motivacionales y conductuales a lo largo del proceso de aprendizaje.

Diversas fuentes citadas por Ge et al. (2025) revelan evidencia empírica de que el aprendizaje autorregulado impacta positivamente en los logros académicos de los estudiantes en todos los

niveles, sin embargo en la educación superior es donde se espera ellos sean conscientes de la responsabilidad que tienen en su aprendizaje, sin embargo la realidad es muy distinta. Por lo anterior, es de suma importancia buscar estrategias que fomenten la autorregulación en los estudiantes, les permita motivarse y continuar sus estudios.

Cada vez son más los profesores que implementan actividades gamificadas con el fin de que los estudiantes se interesen más por aprender. De acuerdo con (Ge et al., 2025) varios estudios empíricos muestran la efectividad de este tipo de técnicas, como son mayor capacidad, motivación, compromiso y retención del curso. Por lo anteriormente mencionado, esta propuesta de investigación pretende desarrollar el pensamiento computacional y generar el aprendizaje autónomo a través de la programación competitiva incorporándola como parte del PIT.

Lo anterior con la finalidad de buscar una solución a la problemática que actualmente muchos docentes enfrentan en las aulas como son dificultades de autorregulación y falta de compromiso por parte de los estudiantes.

Las tutorías, como se señaló previamente propician el aprendizaje autorregulado y este es uno de los factores que impacta de manera positiva en la permanencia y desempeño académico, lo cual a su vez forma estudiantes más seguros y motivados.

Pensamiento computacional en la formación en ingeniería

El pensamiento computacional se ha consolidado como una competencia esencial en la formación en áreas de ingeniería, particularmente en aquellas disciplinas donde la resolución de problemas estructurados y no estructurados constituye un pilar en su ejercicio profesional. El pensamiento computacional no se limita al conocimiento de la sintaxis de un lenguaje de programación; también implica habilidades como la abstracción, la descomposición de problemas, la identificación de patrones, el diseño de algoritmos y la evaluación continua de soluciones. Esta habilidad es relevante para los egresados de áreas relacionadas con ciencia y tecnología, incluso su impacto ha sido estudiado en otros ámbitos no STEM (Aguilera Rueda et al., 2025).

Estudios realizados en educación superior indican que la programación es uno de los retos académicos más relevantes para los estudiantes de ingeniería. Medeiros et al. (2019) encontraron en su revisión sistemática sobre la enseñanza de la programación en cursos introductorios una relación entre los altos índices de reprobación entre los contenidos y la complejidad cognitiva de la materia. En otro estudio, Agbo et al. (2019) mencionan que para el aprendizaje de la programación se requieren procesos cognitivos avanzados, como la abstracción y el razonamiento lógico, lo cual puede ser una limitante para estudiantes que no tienen dichas habilidades.

En este sentido, el pensamiento computacional proporciona un marco conceptual que ayuda a la comprensión y fortalecimiento de habilidades cognitivas en la enseñanza de la programación. Se ha reportado en la literatura en revisiones sistemáticas que estrategias como la programación competitiva, proyectos interdisciplinarios y utilización de tecnologías estructuradas favorecen el desarrollo de la habilidad mencionada. No obstante, también se ha encontrado que existe la necesidad de investigaciones con mayor rigor metodológico, así como evaluaciones longitudinales para evaluar su impacto con una mayor precisión (Agbo et al., 2019; Medeiros et al., 2019).

En otros estudios se ha encontrado que el fortalecimiento del pensamiento computacional no depende solamente de conocimientos técnicos, sino que influyen otras variables tanto psicológicas como metacognitivas. Li et al. (2025) presentan un modelo basado en ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés) y encontraron que además de aspectos técnicos, otras variables como la percepción de competencia y su capacidad para planificar, supervisar y gestionar su proceso de aprendizaje fortalecen el desarrollo del pensamiento computacional. En ese sentido, el modelo de aprendizaje autorregulado propuesto por Zimmerman y sistematizado por (Panadero & Alonso-Tapia, 2014a) brinda una base conceptual que facilita la comprensión de este proceso, al describirlo como un ciclo continuo y recursivo compuesto de tres fases.

Por lo anteriormente descrito, se propone el análisis y la implementación de estrategias pedagógicas que busquen favorecer la activación de los procesos cognitivos y metacognitivos en contextos reales, con el fin de incidir de manera positiva en la permanencia institucional. Entre estas estrategias se propone la programación competitiva, la cual fortalece el pensamiento computacional y desarrolla otras habilidades blandas como el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

Programación competitiva como estrategia didáctica formativa

Tradicionalmente la programación competitiva había sido una actividad extracurricular orientada a concursos académicos, como la Competencia Internacional Universitaria de Programación (ICPC, por sus siglas en inglés). Sin embargo, en la literatura académica se ha encontrado que puede implementarse como una estrategia didáctica. Esta disciplina consiste en la resolución de un conjunto de ejercicios en un periodo determinado y en algunos casos, con requerimientos de eficiencia algorítmica, utilizando plataformas de evaluación y retroalimentación automática e inmediata, también conocidas como sistemas de evaluación automática (online judges).

Existen diversos trabajos de investigación que han encontrado que esta disciplina incide positivamente en el rendimiento académico y en las competencias algorítmicas, incluso estos estudios señalan que la participación en este tipo de actividades fortalece las competencias laborales para los egresados. Medeiros et al. (2019) encontraron que estudiantes que han participado en este tipo de actividades mejoran sustancialmente su rendimiento en asignaturas de programación, desarrollando también una mayor motivación hacia el aprendizaje.

En estudios de implementación universitaria, Martins et al. (2020) encontraron un aumento en el compromiso académico y la permanencia de los estudiantes cuando la programación competitiva se incorpora en los cursos formales como estrategia pedagógica. En Colombia, Mejia Restrepo y Prada Medina (2025); Lora Patiño et al. (2021) encontraron que la programación competitiva no solamente desarrolla habilidades duras, como el pensamiento computacional y la resolución de problemas sino que también desarrolla otras habilidades blandas como el trabajo colaborativo, la creatividad, la innovación y el autoaprendizaje.

Por otra parte, Yuen et al. (2023) analizan la relación de la programación competitiva con el pensamiento computacional, desde una perspectiva cognitiva. El autor concluye que su práctica sistemática en entornos tipo concurso desarrolla en los estudiantes la capacidad de descomposición de problemas, diseño algorítmico y resolución de tareas complejas.

La programación competitiva es una actividad que consiste en resolver problemas algorítmicos bajo limitantes de tiempo y eficiencia, lo que propicia que el estudiante plantee estrategias, monitoree su desempeño, gestione su tiempo y adapte las soluciones diseñadas de manera autónoma. En ese sentido, las características mencionadas de la programación competitiva se relacionan con los procesos sociocognitivos de autorregulación, basados en el modelo de Zimmerman y descritos por (Panadero y Alonso-Tapia, 2014b). Aunado a lo anterior, Ge et al. (2025) han documentado que los entornos gamificados, como el que brindan las plataformas de programación competitiva, aumentan la motivación, compromiso y persistencia académica, lo cual se relaciona estrechamente con la autorregulación.

En resumen, la integración de la programación competitiva como una estrategia formativa integra elementos cognitivos, motivacionales y metacognitivos. Al combinar la práctica deliberada, la retroalimentación inmediata y las metas claras de desempeño, proporciona un entorno que puede facilitar el desarrollo del pensamiento computacional y el aprendizaje autónomo en estudiantes de ingeniería.

Articulación conceptual: tutoría y programación competitiva

Con el fin de fortalecer la permanencia, el rendimiento y la formación integral estudiantil, las IES implementan programas de tutorías institucionales. En diversos trabajos de investigación se ha demostrado que las acciones tutoriales estructuradas ayudan a que los estudiantes se adapten al contexto universitario, así como el desarrollo de habilidades transversales y la autorregulación del aprendizaje, particularmente en los primeros semestres en los que los índices de reprobación y deserción son mayores (Garay Martínez et al., 2024; Vilchez Guzmán et al., 2024; Licea Resendiz et al., 2025).

En este sentido, la tutoría no debe ser una actividad exclusivamente administrativa, sino que debe ser una estrategia formativa integral para acompañar a los estudiantes. Bajo esa premisa, el TecNM concibe al PIT como un acompañamiento, ya sea individual o grupal, a lo largo de la trayectoria institucional sustentado en el desarrollo de tres ejes principales: académico, personal y profesional, contribuyendo al incremento de la permanencia, rendimiento y formación del alumnado (Tecnológico Nacional de México, 2015).

El aprendizaje autónomo de los estudiantes no ocurre de forma espontánea, sino que se gestiona a través de la aplicación de las herramientas y estrategias del aprendizaje autorregulado. Asimismo, el desarrollo del aprendizaje autónomo es un elemento clave en las actividades tutoriales debido a que permite que el estudiante participe activamente en la planificación, supervisión y análisis de su aprendizaje (Fuentes et al., 2023; Rodríguez Vintimilla et al., 2025). Diversos estudios encontraron una relación directa del aprendizaje autorregulado con el desempeño académico y la permanencia estudiantil (Perez y Torres-Delgado, 2022; Liebendörfer et al., 2023). Aunado a lo anterior, los modelos sociocognitivos de autorregulación establecen que la autoeficacia y las metas personales son pilares fundamentales del compromiso académico (Panadero y Alonso-Tapia, 2014b). También se encontró evidencia empírica de que la programación competitiva como herramienta formativa fortalece las habilidades algorítmicas, el pensamiento computacional y el compromiso académico (Martins et al., 2020; Medeiros et al., 2019; Yuen et al., 2023). Esta disciplina se basa en la solución de problemas, la evaluación automática y la práctica deliberada, lo cual demanda que el

alumno planifique estrategias, gestione el tiempo, ajuste soluciones y persevere ante la dificultad y las restricciones de tiempo y eficiencia inherentes a la programación competitiva. Los procesos mencionados coinciden con los componentes centrales del aprendizaje autorregulado.

En este sentido, la programación competitiva puede entenderse como un entorno formativo en donde se practican principios teóricos de la autorregulación y del pensamiento computacional. La tutoría por su parte proporciona el marco institucional de acompañamiento y seguimiento académico, ya que desarrolla al estudiante de manera integral, tal como se estipula en los lineamientos del TecNM, la programación competitiva ofrece una herramienta estructurada de práctica cognitiva y metacognitiva que fortalece las competencias mencionadas.

Por tanto, el integrar la programación competitiva dentro del PIT del TecNM se plantea como una estrategia congruente con su marco normativo, debido a que integra tres ejes: el académico, fortaleciendo al pensamiento computacional y las habilidades algorítmicas; personal, desarrollando habilidades de autoeficacia y autorregulación; así como el profesional, mediante la resolución de problemas complejos y disciplina formativa. Esta articulación permite plantear un modelo tutorial académico-formativo que atienda tanto las dificultades técnicas en asignaturas críticas, así como una contribución estratégica para la permanencia estudiantil.

Metodología

Declaración de IA generativa

Se reconoce el uso de inteligencia artificial generativa (ChatGPT, OpenAI) durante el proceso de revisión de la literatura. Los autores verificaron la información contra las fuentes consultadas y asumen responsabilidad por el contenido.

Responsabilidad

Como autores de este manuscrito, asumimos la responsabilidad total por la veracidad y exactitud de la información presentada, la cual fue verificada mediante las fuentes consultadas con el fin de evitar la incorporación de información fabricada o datos ficticios derivados de procesos automatizados. Asimismo, declaramos que el análisis se ha realizado bajo criterios de objetividad y neutralidad, implementando protocolos de revisión cruzada para identificar y mitigar posibles sesgos cognitivos o algorítmicos, asegurando así que las conclusiones reflejen la evidencia analizada sin distorsiones.

Desarrollo metodológico

En el marco del Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México, la formación integral del estudiante se promueve no solo a través de las asignaturas del plan de estudios, sino también mediante actividades formativas complementarias que fortalecen el desarrollo de competencias transversales. De acuerdo con el *Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México*, los **créditos de formación complementaria** corresponden a actividades académicas, culturales o de desarrollo profesional que se realizan fuera de las asignaturas formales y contribuyen al desarrollo integral del estudiante mediante su participación en talleres, cursos, proyectos o eventos formativos (Tecnológico Nacional de México, 2015). En este contexto, la tutoría académica constituye un espacio institucional pertinente para orientar y acompañar la participación

de los estudiantes en este tipo de actividades, particularmente durante los primeros semestres de su trayectoria académica.

Con base en el modelo de aprendizaje autorregulado de Zimmerman, sistematizado por Panadero, E., y Alonso-Tapia, J. (2014a), así como la evidencia que señala la influencia de la autoeficacia y la autorregulación en el desarrollo del pensamiento computacional, se propone una intervención tutorial basada en programación competitiva, la cual formaría parte de los créditos complementarios de los alumnos. Esta intervención se estructura como un ciclo formativo compuesto por las fases de planificación, ejecución y autorreflexión, operacionalizadas mediante actividades de resolución de problemas algorítmicos dentro de un entorno de programación competitiva (figura 2.1), de acuerdo con el marco normativo del TecNM descrito previamente.

Figura 2.1. Modelo conceptual de la intervención tutorial basada en talleres de programación competitiva



Fuente. Elaboración propia (2026)

La propuesta metodológica se fundamenta en la integración de talleres de programación competitiva como actividades de formación complementaria dentro del PIT. Estas actividades buscan generar un entorno de práctica estructurada para la resolución de problemas algorítmicos. La estructura pedagógica de los talleres se inspira en el modelo de aprendizaje autorregulado propuesto por Zimmerman, el cual describe el aprendizaje como un ciclo compuesto por las fases de planificación, ejecución y autorreflexión (véase tabla 2.1).

Tabla 2.1. Fases del modelo de Zimmerman adaptadas a la propuesta metodológica

Fase del modelo de Zimmerman	Actividades en los talleres de programación competitiva
Planificación	Comprensión del problema, identificación de entradas y salidas, descomposición del problema y selección de una estrategia de solución

Ejecución	Desarrollo de la solución en código, pruebas con casos de entrada, depuración y monitoreo del desempeño en la plataforma
Autorreflexión	Revisión del veredicto del juez automático, análisis de errores, retroalimentación del tutor y ajuste de estrategias

Fuente. Elaboración propia (2026) con base en las fases del aprendizaje autorregulado según el modelo de Zimmerman (Panadero y Alonso-Tapia, 2014a).

Con base en el marco teórico presentado y en los hallazgos reportados en la literatura sobre pensamiento computacional, autoeficacia en programación y aprendizaje autorregulado, se definieron las variables del estudio que orientan el diseño metodológico y la formulación de las hipótesis de investigación. Se contempla realizar el estudio durante el periodo agosto-diciembre de 2026, en el cual se cuenta con un mayor número de grupos de nuevo ingreso en comparación con los periodos de enero-junio. La tabla 2.2 presenta la clasificación de las variables consideradas, así como su definición conceptual y operativa.

Tabla 2.2. Variables del estudio propuesto

Tipo de variable	Variable	Definición conceptual	Definición operativa
Independiente	Participación en talleres de programación competitiva	Participación voluntaria de los estudiantes en talleres de resolución de problemas algorítmicos organizados como actividad de formación complementaria	Condición de participación registrada de forma dicotómica: participante (1) y no participante (0). De manera complementaria, se registrará el grado de participación mediante el porcentaje de asistencia y, para los participantes, indicadores de desempeño obtenidos en la plataforma OmegaUp, como problemas resueltos y desempeño en los mini concursos.
Dependiente	Autoeficacia en programación	Creencia del estudiante para aprender y desempeñarse satisfactoriamente en tareas relacionadas con programación.	Puntaje obtenido en la subescala de Autoeficacia para el aprendizaje y el desempeño del Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) de Pintrich, Paul R; Smith, David A. F.; Garcia, Teresa; McKeachie, Wilbert J., (1991), integrada por ocho ítems con escala Likert de siete puntos, aplicada antes y después de la intervención.
Dependiente	Aprendizaje autorregulado	Conjunto de procesos mediante los cuales el estudiante planifica, monitorea y evalúa su propio aprendizaje	Puntaje obtenido mediante el Inventario de Procesos de Autorregulación del Aprendizaje (Bruna et al., 2017), basado en el modelo de Zimmerman y compuesto por 12 ítems correspondientes a las

			fases de planificación, ejecución y evaluación, aplicado antes y después de la intervención.
Dependiente	Pensamiento computacional	Capacidad para formular problemas y diseñar soluciones mediante procesos de abstracción, descomposición, reconocimiento de patrones y diseño algorítmico	Puntaje obtenido mediante el instrumento de evaluación del pensamiento computacional a través de resolución de problemas con base en los instrumentos definidos por Rojas-López, Arturo y García-Peñalvo, Francisco J. (2020)
Dependiente secundaria	Desempeño académico	Nivel de logro del estudiante en la asignatura de programación	Puntaje final obtenido por el estudiante en el examen departamental de la asignatura, aplicado de manera uniforme a todos los grupos participantes al finalizar el semestre.

Fuente. Elaboración propia (2026)

Además de las variables principales del estudio, se considerarán variables de control relacionadas con las condiciones iniciales de los participantes, particularmente el nivel diagnóstico de entrada, la experiencia previa en programación y el programa académico de procedencia. La incorporación de estas variables permitirá identificar posibles diferencias iniciales entre los grupos y fortalecer la interpretación de los resultados obtenidos al final de la intervención. Asimismo, como indicador complementario de desempeño académico, se analizará el puntaje final obtenido por los estudiantes en el examen departamental de la asignatura, dado que se trata de una evaluación estandarizada aplicada a todos los grupos participantes independientemente del docente responsable del curso.

Dado el carácter voluntario de la participación en los talleres de programación competitiva, el diseño deberá considerar posible sesgo de autoselección, ya que los estudiantes que decidan participar podrían presentar características iniciales distintas de quienes no lo hagan. Con el fin de reducir el riesgo mencionado, se evaluará la equivalencia inicial entre los grupos por medio de mediciones previas de las variables de estudio (pretest), así como la recopilación y documentación de información sobre la experiencia previa en programación y otras características académicas disponibles. Estas variables se considerarán en el análisis estadístico para ajustar comparaciones entre los grupos. Por lo anteriormente mencionado, los resultados se interpretarán como asociaciones y diferencias observadas en el contexto de un diseño cuasiexperimental, evitando atribuir causalidad directa a la intervención.

Para la intervención didáctica descrita anteriormente, se plantean las siguientes hipótesis, referentes a los alumnos que participen en los talleres de programación competitiva:

- H1: Presentarán un mayor incremento en su nivel de pensamiento computacional entre las mediciones previas y posteriores, en comparación con los estudiantes que no participarán en los talleres.
- H2: Presentarán un mayor incremento en su nivel de autoeficacia en programación entre las mediciones previas y posteriores, en comparación con estudiantes que no participarán en los talleres.
- H3: Presentarán un mayor incremento en su nivel de aprendizaje autorregulado entre las mediciones previas y posteriores, en comparación con los estudiantes que no participarán en los talleres.
- H4: Presentarán un mayor desempeño académico en programación con respecto a los estudiantes que no participarán en los talleres.

El estudio propuesto se plantea desde un enfoque cuantitativo, mediante un diseño cuasiexperimental pretest-posttest con grupos no equivalentes. En este diseño se compararán estudiantes que participen en los talleres de programación competitiva como actividad de formación complementaria (grupo de intervención) con estudiantes que no participen en dichos talleres (grupo de comparación). Las variables de pensamiento computacional, autoeficacia en programación y aprendizaje autorregulado se medirán al inicio y al final de la intervención mediante los instrumentos especificados en la tabla 2.2.

La población del estudio estará conformada por estudiantes de nuevo ingreso inscritos en las asignaturas de Programación Básica del programa de Ingeniería Mecatrónica y Fundamentos de Programación del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales, durante el periodo académico agosto–diciembre de 2026. Estas asignaturas corresponden a cursos introductorios en programación ubicados en el primer semestre de ambos programas educativos. Para este periodo se considerarán cuatro grupos de Ingeniería en Sistemas Computacionales y siete de Ingeniería en Mecatrónica, con una matrícula aproximada de 30 a 35 estudiantes por grupo, por lo que la población elegible se estima entre 330 y 385 estudiantes. El número definitivo se establecerá a partir de la matrícula registrada al inicio del estudio.

La convocatoria para participar en los talleres de programación competitiva se dirigirá a todos los estudiantes que cumplan con los criterios de inclusión en ambos programas educativos. Debido a que el lenguaje de programación utilizado difiere según el programa educativo, se ofrecerá un taller para estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales y otro para estudiantes de Ingeniería Mecatrónica, cada uno con un cupo máximo de 30 participantes. En caso de que el número de estudiantes interesados exceda el cupo disponible, los lugares se asignarán aleatoriamente entre quienes hayan realizado su registro durante el periodo establecido. El grupo de comparación estará conformado por estudiantes elegibles que no participen en los talleres; en caso de existir estudiantes registrados que no obtengan un lugar debido al límite de cupo, estos constituirán un subgrupo de comparación de especial interés, al haber manifestado previamente su disposición para participar.

En cuanto a los criterios de inclusión, se considerarán a los estudiantes de nuevo ingreso de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Mecatrónica, durante el periodo agosto-diciembre 2026 que acepten participar en el estudio. Se excluirán de los análisis aquellos que no cuenten con las mediciones requeridas para cada variable, registrándose las pérdidas y sus posibles

causas. Los estudiantes que abandonen la intervención no serán excluidos automáticamente del estudio. Se registrará su nivel de participación mediante la asistencia y la actividad documentada en la plataforma. En la medida de lo posible, se documentará el momento y motivo de abandono. Lo anterior con el fin de caracterizar las pérdidas durante la intervención y considerar el grado de exposición a los talleres en los análisis correspondientes.

Los talleres estarán orientados a la resolución progresiva de problemas algorítmicos mediante la plataforma OmegaUp, la cual permite el envío de soluciones y su evaluación automática mediante un juez en línea. En la tabla 2.3 se describen las características generales de los talleres de programación competitiva. En esta intervención, las actividades se organizarán con una dificultad progresiva, iniciando con problemas que requieren la utilización de variables y operadores básicos, seguido por estructuras de control de flujo y finalizando con problemas que requieren utilización de contadores, acumuladores, arreglos y funciones. La progresión se mantendrá equivalente en ambos talleres, con las adecuaciones correspondientes a las características de C++ y Python.

Tabla 2.3. Características generales de los talleres de programación competitiva

Característica	Descripción
Duración	12 semanas
Dedicación semanal	3 horas
Modalidad	Híbrida: 1.5 horas presenciales y 1.5 horas en línea
Duración total	36 horas
Lenguajes de programación	C++ para Ingeniería en Sistemas Computacionales y Python para Ingeniería Mecatrónica
Plataforma	OmegaUp
Organización de actividades	Resolución progresiva de problemas algorítmicos
Miniconcursos	Cuatro, programados en las semanas 3, 6, 9 y 12
Estructura de aprendizaje	Planificación, ejecución y autorreflexión, conforme al ciclo de aprendizaje autorregulado de Zimmerman
Seguimiento de la participación	Registro de asistencia y actividad en OmegaUp

Fuente. Elaboración propia (2026)

Como se observa en la tabla 2.3, se planea realizar cuatro miniconcursos durante el periodo de los talleres, en las semanas 3, 6, 9 y 12, con problemas de acuerdo con el nivel de avance de los participantes. Estas actividades permitirán integrar los conocimientos y estrategias desarrolladas durante las semanas previas en un entorno gamificado y de resolución de problemas con un tiempo delimitado. Asimismo, la participación en los talleres y miniconcursos se documentará mediante registros de asistencia y la actividad disponible en la plataforma OmegaUp, considerando indicadores como problemas intentados y resueltos, número de envíos y desempeño en los miniconcursos.

Para el análisis de los datos se utilizarán técnicas de estadística descriptiva e inferencial. Primeramente, se analizarán las características de los participantes en los talleres y la distribución de las variables consideradas en el estudio (véase tabla 2.2), mediante medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas y frecuencias y porcentajes para las variables categóricas. Para evaluar las hipótesis H1, H2 y H3 se emplearán análisis de covarianza (ANCOVA), considerando como variables dependientes las mediciones posteriores de pensamiento computacional, autoeficacia en programación y aprendizaje autorregulado, respectivamente, e incorporando como covariable la medición inicial correspondiente. Adicionalmente, se considerarán como covariables la

experiencia previa en programación, el programa educativo y otras características académicas disponibles que resulten pertinentes. Para el desempeño académico (H4), se empleará un modelo de regresión lineal ajustado por las características iniciales pertinentes. Se verificará el cumplimiento de los supuestos estadísticos de los modelos y, cuando estos no se satisfagan, se considerarán procedimientos robustos o no paramétricos apropiados. Los resultados se acompañarán de medidas de tamaño del efecto e intervalos de confianza del 95 %. Dado el carácter voluntario de la participación y el posible sesgo de autoselección, los resultados se interpretarán como diferencias asociadas con la participación en los talleres, evitando atribuir causalidad directa a la intervención.

Antes de iniciar con la intervención y la recolección de datos, el protocolo de investigación será sometido a revisión por la instancia institucional correspondiente del ITCJ, con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios éticos aplicables a investigaciones con estudiantes. Asimismo, la participación en el estudio será voluntaria y requerirá el consentimiento informado de los estudiantes. La información recopilada será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación, garantizando la confidencialidad de los datos y los resultados reportados. Finalmente es importante mencionar que la decisión de participar o no en la investigación será independiente de la obtención de créditos de formación complementaria y no tendrá consecuencias académicas para los estudiantes.

Resultados

Con base en el modelo conceptual propuesto y en las hipótesis planteadas, se espera que se obtengan efectos positivos en variables cognitivas, metacognitivas y académicas gracias a la participación en talleres de programación competitiva como actividad de formación complementaria dentro del PIT, con estudiantes de nuevo ingreso, principalmente de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Mecatrónica durante el periodo agosto-diciembre de 2026. Con relación a la autoeficacia en programación, se espera que los estudiantes que participen en los talleres mencionados presenten un incremento en sus niveles de autopercepción de competencia con respecto a otros que no lo hagan.

Con respecto al **aprendizaje autorregulado**, se espera que los estudiantes del grupo experimental obtengan mayores niveles en las dimensiones de planificación, ejecución y autorreflexión; lo anterior se medirá mediante instrumentos aplicados antes y después de la intervención.

En cuanto al **pensamiento computacional**, se plantea que los estudiantes que participen en los talleres propuestos presenten un mejor desempeño en actividades relacionadas con la descomposición de problemas y el diseño algorítmico comparado con los del grupo de control.

Con relación al desempeño académico, se prevé que los estudiantes del grupo experimental tengan un mayor puntaje en el examen departamental en comparación con los estudiantes que no participaron en los talleres.

En resumen, se espera identificar relaciones positivas entre la participación en los talleres de programación competitiva en las variables analizadas, principalmente en la autoeficacia de la programación, aprendizaje autorregulado y pensamiento computacional.

Discusión

Los resultados esperados planteados en la sección anterior se relacionan estrechamente con la evidencia encontrada en la literatura acerca de los desafíos del aprendizaje de la programación y el desarrollo del pensamiento computacional en educación superior.

En primera instancia, el incremento esperado en la autoeficacia en programación es consistente con los hallazgos de Li et al. (2025). Los autores mencionados identificaron esta variable como un factor fundamental para el desarrollo del pensamiento computacional.

En el ámbito de la programación competitiva, la retroalimentación inmediata que proporcionan sus plataformas puede ser un factor que refuerce la percepción competitiva del alumno, favoreciendo con ello su motivación y persistencia ante problemas complejos.

Debido a que se propone que la estructura de los talleres se base en el ciclo de planificación, ejecución y autorreflexión, se alinea con el modelo sociocognitivo de Zimmerman, lo cual favorece al aprendizaje autorregulado. Asimismo, la programación competitiva implica que el estudiante tenga un rol activo para gestionar su tiempo, monitorear su desempeño y ajustar sus estrategias de solución. Por lo anteriormente mencionado, se busca implementar la programación competitiva como estrategia, enmarcada en el modelo de Zimmerman con el fin de fortalecer la autorregulación y el aprendizaje autónomo con el objetivo de mejorar el desempeño de los estudiantes en las materias introductorias de programación.

Con relación al pensamiento computacional, se espera que al integrar un entorno formativo que promueva la resolución activa de problemas, mediante las plataformas de programación competitiva, se refuerce su desarrollo. De acuerdo con estudios previos, se ha encontrado que este tipo de estrategias brindan contextos para el desarrollo de habilidades algorítmicas que fortalecen el pensamiento computacional (Mejía Restrepo & Prada Medina, 2025; Yuen et al., 2023).

Con respecto al desempeño académico, se espera que los estudiantes que participen en la intervención presenten un mayor desempeño en las asignaturas introductorias de programación, aunque los talleres constituyan una actividad de formación complementaria. El resultado esperado podría estar relacionado con el fortalecimiento del pensamiento computacional y de las habilidades algorítmicas promovidas durante la intervención.

Esta propuesta integra tres elementos clave: la tutoría como estrategia institucional de acompañamiento, la autorregulación como proceso central del aprendizaje y la programación competitiva como un entorno formativo estructurado. La integración descrita propone un enfoque que trasciende la enseñanza tradicional de la programación y busca un desarrollo integral del alumno. Esta integración representa una aportación relevante, ya que propone un enfoque que trasciende la enseñanza tradicional de la programación y se orienta hacia el desarrollo integral del estudiante.

Conclusiones

Este trabajo propone una metodología en donde se integran talleres de programación competitiva como una estrategia tutorial dentro del PIT en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, con grupos de nuevo ingreso de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería Mecatrónica, con el objetivo principal de fortalecer el pensamiento computacional y mejorar el desempeño de los estudiantes. Una vez identificado el grado de cumplimiento de las hipótesis, será posible analizar si este tipo de estrategias se extienden en otros ámbitos.

Con base en la revisión de la literatura, se encontró que la deserción en la educación superior, en especial en carreras de ingeniería, se encuentra estrechamente ligada con dificultades académicas en asignaturas relacionadas con el aprendizaje de la programación. En ese sentido, la tutoría académica puede ser un eje institucional fundamental para acompañar y prevenir el rezago de los estudiantes de nuevo ingreso.

También se encontró que el desarrollo del pensamiento computacional se ve influenciado no solamente por factores técnicos, sino también por variables metacognitivas y motivacionales, como la autoeficacia y el aprendizaje autorregulado. En este sentido, el modelo de Zimmerman proporciona un marco teórico sólido para diseñar intervenciones alineadas al aprendizaje autónomo.

La propuesta metodológica presentada articula estos elementos mediante el uso de la programación competitiva como actividad de formación complementaria, lo cual resulta congruente con el marco normativo del TecNM y con los objetivos del PIT. Este enfoque permite integrar el desarrollo académico, personal y profesional del estudiante.

Finalmente, se concluye que la implementación de este tipo de estrategias representa una alternativa potencialmente viable para atender el bajo desempeño académico y la deserción en los primeros semestres. Es posible profundizar a futuro analizando relaciones entre las variables estudiadas mediante modelos más complejos como el SEM y análisis longitudinales en futuros trabajos. También existe la posibilidad de desarrollar investigaciones futuras, las cuales se describen en la siguiente sección.

Futuras líneas de investigación

A partir del marco teórico desarrollado en este trabajo y de la propuesta metodológica presentada, se proponen las siguientes líneas de investigación orientadas a futuros estudios enfocados en la relación entre tutoría académica, programación competitiva y desarrollo del pensamiento computacional en estudiantes de ingeniería.

En primer lugar, es necesario realizar estudios empíricos que permitan evaluar la implementación de la estrategia propuesta en contextos reales en la educación superior. Esos estudios deberían examinar principalmente los efectos de la participación en talleres de programación competitiva como parte del Programa Institucional de Tutorías sobre variables como la autoeficacia en programación, el aprendizaje autorregulado y el desarrollo del pensamiento computacional, así como su impacto en el desempeño académico de los estudiantes en asignaturas de programación.

Asimismo, otras investigaciones podrían comprender el análisis de las relaciones entre estas variables mediante métodos estadísticos avanzados, con el objetivo de comprender el papel mediador que desempeñan la autoeficacia y el aprendizaje autorregulado en el desarrollo de competencias relacionadas con la programación.

Finalmente, también podría explorarse la implementación de esta propuesta en distintos programas académicos, con el fin de analizar su adaptabilidad en otros contextos.

Referencias

- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., y Adewumi, S. (2019). A Systematic Review of Computational Thinking Approach for Programming Education in Higher Education Institutions. *Proceedings of the 19th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1145/3364510.3364521>
- Aguilera Rueda, V. J., Mejia Gracia, C. A., y Sánchez Rizo, D. E. (2025). El pensamiento computacional en el nivel superior en programas educativos no STEM: Un estudio descriptivo. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 16(1). <https://doi.org/10.18861/cied.2025.16.1.3929>
- Bruna, D., Pérez, M. V., Bustos, C., y Núñez, J. C. (2017). Propiedades psicométricas del inventario de procesos de autorregulación del aprendizaje en estudiantes universitarios chilenos. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación - e Avaliação Psicológica*, 44(2), 77–91. <https://doi.org/10.21865/RIDEP44.2.07>
- Demuner-Flores, M.-R., Ibarra-Cisneros, M.-A., y Nava-Rogel, R.-M. (2023). Estrategias de aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios durante la contingencia COVID-19. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2023.39.1532>
- Fuentes, S., Rosário, P., Valdés, M., Delgado, A., y Rodríguez, C. (2023). Autorregulación del Aprendizaje: Desafío para el Aprendizaje Universitario Autónomo. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 17(1), 21–39. <https://doi.org/10.4067/s0718-73782023000100021>
- Galve-González, C., Bernardo, A. B., y Castro-López, A. (2024). Understanding the dynamics of college transitions between courses: Uncertainty associated with the decision to drop out studies among first and second year students. *European Journal of Psychology of Education*, 39(2), 959–978. <https://doi.org/10.1007/s10212-023-00732-2>
- Garay Martínez, L. E., Martínez Cárdenas, C., Michel Valdivia, E., Venegas Ruiz, B., y Vera Soria, F. (2024). Impacto de la tutoría como unidad de aprendizaje en la adaptación y rendimiento académico del estudiante universitario de nuevo ingreso: Impact of tutoring as a course on the adaptation and academic performance of new university students. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(6). <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3138>
- Ge, W., Sun, Y., Wang, Z., Zheng, H., He, W., Wang, P., Zhu, Q., y Wang, B. (2025). *SRLAgent: Enhancing Self-Regulated Learning Skills through Gamification and LLM Assistance* (arXiv:2506.09968). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.09968>
- Hernández Barrios, A., y Camargo Uribe, Á. (2017). Autorregulación del aprendizaje en la educación superior en Iberoamérica: Una revisión sistemática. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 49(2), 146–160. <https://doi.org/10.1016/j.rlp.2017.01.001>
- Katt Morales, L. A., Xicoténcatl-Ramírez, G., Ibarra-Corona, M. A., y García Reyes, D. A. (2025). Factores y estrategias que influyen en la deserción en educación superior: Revisión Sistemática. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29). <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2225>
- Lara-Sotomayor, J. E., Suárez-Erazo, R. T., y Carrera-Gallardo, A. E. (2024). Autorregulación del aprendizaje (ARA) en la educación superior: Variables que inciden en su desarrollo. *Revista Científica Retos de la Ciencia*, 8(18), 24–35. <https://doi.org/10.53877/rc.8.18.20240701.3>
- Li, Q., Jiang, Q., Liang, J.-C., Xiong, W., y Zhao, W. (2025). Roles of programming self-efficacy, cognitive styles, and self-regulated learning strategies on computational thinking in computer

- programming. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1412. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05686-y>
- Licea Resendiz, J. E., Montes De Oca, E. R., y Larracilla Jiménez, L. P. (2025). Importancia de la tutoría en la formación académica de estudiantes de agronomía. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(30). <https://doi.org/10.23913/ride.v15i30.2417>
- Liebendörfer, M., Kempen, L., y Schukajlow, S. (2023). First-year university students' self-regulated learning during the COVID-19 pandemic: A qualitative longitudinal study. *ZDM – Mathematics Education*, 55(1), 119–131. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01444-5>
- Lora Patiño, G. A., Suaza Jiménez, J. H., Rodríguez Marín, P. A., y Taborda Blandón, G. (2021). Programación competitiva como estrategia didáctica para potenciar el aprendizaje colaborativo en estudiantes de ingeniería. 539–553.
- Martins, G., Lopes De Souza, P. S., Jose Conte, D. y Bruschi, S. M. (2020). Learning Parallel Programming Through Programming Challenges. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274009>
- Medeiros, R. P., Ramalho, G. L., y Falcao, T. P. (2019). A Systematic Literature Review on Teaching and Learning Introductory Programming in Higher Education. *IEEE Transactions on Education*, 62(2), 77–90. <https://doi.org/10.1109/TE.2018.2864133>
- Mejia Restrepo, B. S., y Prada Medina, D. A. (2025). Incidencia en la programación competitiva en la actividad profesional de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas: Caso de estudio Corporación Universitaria Uniremington sede Cúcuta. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 2667–2683. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17892
- Panadero, E., y Alonso-Tapia, J. (2014^a). ¿Cómo autorregulan nuestros alumnos? Modelo de Zimmerman sobre estrategias de aprendizaje. *Anales de Psicología*, 30(2), 450–462. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.2.167221>
- Panadero, E., y Alonso-Tapia, J. (2014^b). Teorías de autorregulación educativa: Una comparación y reflexión teórica. *Psicología Educativa*, 20(1), 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.pse.2014.05.002>
- Paz, H. R. (2024). Factores del Abandono Universitario: Análisis con LightGBM y la Teoría de Juegos Cooperativo de Shapley. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 36(1), 162–192. <https://doi.org/10.54674/ess.v36i1.872>
- Perez, R., y Torres-Delgado, G. (2022). Evaluation-Self-regulated Learning in Higher Education in a Digital Environment Under Vulnerable Conditions and Confinement Due to Covid-19: Self-regulated learning in a digital environment under vulnerable conditions. *Proceedings of the 6th International Conference on Digital Technology in Education*, 137–144. <https://doi.org/10.1145/3568739.3568764>
- Pintrich, Paul R; Smith, David A. F.; Garcia, Teresa; McKeachie, Wilbert J. (1991). *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)* (Technical Report Nos. 91-B-004). University of Michigan.
- Ramírez Castillejo, G., Martínez Ayala, J. M., y Vázquez Olvera, E. (2019). La deserción escolar a nivel superior en México, situación actual y estrategias para combatirla en el tecnológico nacional de México. *Revista IPSUMTEC*, 2(2), 19–30. <https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v2i2.20>
- Rochin Berumen, F. L. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: Revisión de literatura. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.821>

- Rodríguez Vintimilla, A. C., Chicaiza Sinchi, D. L., Bayas Machado, R. F., y Tapia Arévalo, M. A. (2025). Estrategias para fomentar la autorregulación del aprendizaje en la educación a distancia. *Perspectivas Sociales y Administrativas*, 3(1), 155–166. <https://doi.org/10.61347/psa.v3i1.85>
- Rojas-López, Arturo ;García-Peñalvo, Francisco J. (2020). *Evaluación de habilidades del pensamiento computacional para predecir el aprendizaje y retención de estudiantes en la asignatura de programación de computadoras en educación superior*. 20(63), 1–23. <https://doi.org/10.6018/red.409991>
- Rubio-Tobar, X. (2025). Factores de deserción estudiantil y estrategias de retención en carreras universitarias de Ingeniería y Áreas Técnicas. *Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS*, 8(15), 133–142. <https://doi.org/10.56124/finibus.v8i15.014>
- Simón-Grábalos, D., Fonseca, D., Aláez, M., Romero-Yesa, S., y Fresneda-Portillo, C. (2025). Systematic Review of the Literature on Interventions to Improve Self-Regulation of Learning in First-Year University Students. *Education Sciences*, 15(3), 372. <https://doi.org/10.3390/educsci15030372>
- Tecnológico Nacional de México. (2015, october). *Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México* [Documento]. Tecnológico Nacional de México. https://www.tecnm.mx/normateca/Direcci%C3%B3n%20de%20Docencia%20e%20Innovaci%C3%B3n%20Educativa/Manual%20Lineamientos%20TecNM%202015/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf
- Tecnológico Nacional de México. (2025). *Estadística educativa TecNM 2024-2025* [Autor corporativo/institucional]. <https://www.tecnm.mx/>
- Valencia-Arias, A., Valera Aredo, J. C., Valencia, J., Cardona-Acevedo, S., Patiño-Vanegas, J. C., y Uribe Bedoya, H. (2026). Key determinants of university dropout: Academic, economic, and psychosocial factors in student retention. *Frontiers in Education*, 10, 1701644. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1701644>
- Vilchez Guzmán, S., Baca Rosado, B., Erwin Chávez Pérez, J., Esther Richard Pérez, S., y Sinarahua Pérez, B. (2024). *Intervenciones de tutoría y resultados académicos en el ámbito universitario* (1º ed.). ARCO EDITORES. <https://doi.org/10.48209/978-65-5417-398-8>
- Yuen, K. K. F., Liu, D. Y. W., y Leong, H. V. (2023). Competitive programming in computational thinking and problem solving education. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 850–866. <https://doi.org/10.1002/cae.22610>

Contribución de autores

Rol	Mario Macario Ruíz Grijalva	Dora Ivette Rivero Caraveo	Claudia Anglés Barrios	Irving Bruno López Santos
Conceptualización	X	X	X	X
Revisión Literaria			X	X
Antecedentes	X	X		
Metodología		X	X	
Curación de datos	X			X
Análisis formal		X	X	
Redacción – borrador original	X	X	X	X
Redacción – revisión y edición	X			X
Supervisión		X	X	
Administración del proyecto	X			X

Rendición de cuentas, transparencia y acceso a la información pública en México: avances, retos y controversias

Accountability, transparency, and access to public information in Mexico: progress, challenges, and controversies

Antonio Andrés Pérez Méndez

Tecnológico Nacional de México

antonio.perez@tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-2767-5181>

Ruth Amelia Martell Paniagua

Tecnológico Nacional de México

d_juridica0001@tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-5752-0680>

Gimena Paulina Zamora Argumedo

Tecnológico Nacional de México

d_juridica06@tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-8263-548X>

Martin Rafael Tavera Acosta

Tecnológico Nacional de México

d_juridica16@tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0001-2340-8688>

Disciplina: Derecho público, transparencia y administración pública.

Resumen

Este ensayo analiza la evolución del derecho de acceso a la información pública, la transparencia y la rendición de cuentas en México, con especial atención a la reforma constitucional en materia de simplificación orgánica publicada el 20 de diciembre de 2024 y a la nueva Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública publicada el 20 de marzo de 2025. Mediante una revisión documental con enfoque jurídico-analítico, histórico y comparativo, se examinan antecedentes normativos, autoridades garantes, clasificación de información, procedimiento de acceso y medios de impugnación. El análisis identifica la continuidad de principios como gratuidad, máxima publicidad y obligaciones de transparencia, pero también advierte que la redistribución institucional de competencias plantea retos de coordinación, especialización, independencia, accesibilidad y tutela efectiva. Se sostiene que la evaluación de la reforma no debe limitarse a la descripción de las normas, sino considerar su capacidad efectiva para garantizar el derecho de acceso a la información. La implementación, la capacitación de los sujetos obligados, la trazabilidad de las decisiones y la vigilancia ciudadana serán determinantes para valorar sus resultados.

Palabras clave: máxima publicidad; autoridades garantes; protección de datos; participación ciudadana; control institucional.

Abstract

This essay analyzes the evolution of the right of access to public information, transparency, and accountability in Mexico, with particular attention to the constitutional reform on organic simplification published on December 20, 2024, and the new General Law on Transparency and Access to Public Information published on March 20, 2025. Through a documentary, legal-analytical, historical, and comparative review, the study examines regulatory background, oversight authorities, information classification, access procedures, and remedies. The analysis identifies continuity in principles such as free access, maximum disclosure, and transparency obligations, while also noting that the redistribution of institutional powers raises challenges concerning coordination, specialization, independence, accessibility, and effective protection. The study argues that the reform should not be assessed solely through a description of the new rules, but also through their capacity to provide an effective guarantee of the right of access to information. Implementation, training of obligated entities, traceability of decisions, and citizen oversight will be decisive for assessing its results.

Keywords: maximum disclosure; oversight authorities; data protection; citizen participation; institutional control.

Introducción

El Tecnológico Nacional de México es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Educación Pública y, en el ámbito de sus atribuciones, participa en el cumplimiento de obligaciones relacionadas con transparencia, acceso a la información, protección de datos personales y rendición de cuentas. Estas materias se encuentran estrechamente vinculadas, pero no son conceptos equivalentes: el acceso a la información constituye un derecho humano; la transparencia se relaciona con las condiciones de apertura y publicidad de la actuación pública; y la rendición de cuentas comprende mecanismos mediante los cuales las autoridades explican, justifican y, en su caso, responden por sus decisiones.

El derecho de acceso a la información se ha desarrollado mediante transformaciones constitucionales, legales e institucionales. En México, su evolución comprende la reforma constitucional de 1977, la legislación federal de 2002, las reformas constitucionales de 2007 y 2014, la Ley General de Transparencia de 2015, la Ley General de Archivos de 2018 y, más recientemente, la reforma constitucional en materia de simplificación orgánica de 2024 y la nueva legislación general publicada en 2025. Esta trayectoria muestra que la garantía del derecho depende tanto del reconocimiento normativo como de la existencia de instituciones, procedimientos y medios de defensa adecuados.

La literatura y los estándares interamericanos han vinculado el acceso a la información con la participación ciudadana y el control democrático. En particular, la Corte Interamericana de Derechos Humanos ha reconocido que las restricciones al acceso a información bajo control estatal deben encontrarse justificadas y sujetarse a parámetros convencionales (*Corte IDH, 2006*). Asimismo, la Organización de los Estados Americanos ha desarrollado estándares regionales orientados a fortalecer la transparencia activa, el acceso a la información y la rendición de cuentas (*OEA, 2021*).

El propósito de este trabajo es evaluar, desde una perspectiva jurídico-documental, los principales efectos previsibles de la reorganización institucional derivada de la reforma de 2024 y de la legislación de 2025 sobre la garantía del derecho de acceso a la información en México. La pregunta de investigación es: ¿en qué medida el marco institucional derivado de las reformas de 2024 y 2025 preserva condiciones efectivas de independencia, especialización, imparcialidad, accesibilidad y tutela del derecho de acceso a la información?

El objetivo general consiste en analizar la transformación normativa e institucional del sistema mexicano de transparencia y determinar los principales retos que plantea para la garantía efectiva del derecho de acceso a la información. La tesis que se sostiene es que la reforma conserva elementos sustantivos del derecho y de sus procedimientos, pero su eficacia dependerá de la forma en que se distribuyan y ejerzan las competencias, de la especialización de las autoridades, de la calidad de las respuestas y de la existencia de mecanismos efectivos de revisión y control.

Metodología

El ensayo se desarrolló mediante una revisión documental con enfoque jurídico-analítico, histórico y comparativo. El universo documental comprendió la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, leyes generales y federales, decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación, jurisprudencia, documentos institucionales y estándares interamericanos relacionados con acceso a la información, transparencia, archivos y protección de datos personales.

El periodo de análisis se delimitó a los principales hitos normativos comprendidos entre 1977 y 2025, con especial énfasis en las reformas de 2014, 2024 y 2025. Se incluyeron normas y documentos oficiales directamente relacionados con el derecho de acceso a la información y con la organización de las autoridades garantes; se excluyeron documentos que no permitieran establecer una relación verificable con el objeto de estudio.

Las categorías analíticas fueron: sujetos obligados; autoridades garantes; autonomía e independencia; clasificación de información; procedimientos de acceso; medios de impugnación; accesibilidad; transparencia proactiva; y tutela efectiva. El procedimiento consistió en identificar los hitos normativos, contrastar el modelo institucional previo con el posterior a la reforma y valorar los riesgos y oportunidades derivados de la redistribución de competencias.

Como instrumento de trazabilidad se incorporan una tabla de fuentes revisadas, una línea del tiempo normativa y una tabla comparativa del modelo institucional anterior y posterior. No se realizó investigación con participantes humanos, animales ni una base de datos empírica.

Responsabilidad

Las personas autoras asumen la responsabilidad por la veracidad y exactitud de la información presentada y por su verificación mediante fuentes normativas e institucionales. El análisis se efectuó

mediante revisión cruzada entre las personas autoras. No se atribuye a herramientas algorítmicas una función de análisis, interpretación o generación de resultados de investigación

Desarrollo del análisis

1. Antecedentes históricos y evolución normativa

El derecho de acceso a la información tiene antecedentes en la libertad de expresión y en el derecho a buscar y recibir información. El artículo 19 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos reconoce la facultad de buscar, recibir y difundir informaciones e ideas por cualquier medio (Naciones Unidas, 1948). En el ámbito interamericano, la jurisprudencia ha desarrollado la relación entre libertad de expresión y acceso a información bajo control estatal (*Corte IDH, 2006*).

En México, el derecho a la información fue incorporado expresamente al artículo 6.º constitucional mediante la reforma de 1977. Posteriormente, la interpretación constitucional amplió el alcance del derecho y la legislación comenzó a establecer procedimientos específicos para su ejercicio. La Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental de 2002 constituyó un punto de inflexión al establecer reglas para el acceso a la información gubernamental y crear al Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI) como autoridad especializada.

La reforma constitucional de 2007 fortaleció los principios y bases del derecho de acceso a la información. En 2014 se produjo una transformación institucional relevante: el organismo garante nacional adquirió autonomía constitucional y pasó a denominarse Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI). La reforma también consolidó el Sistema Nacional de Transparencia como mecanismo de coordinación entre instituciones de distintos órdenes de gobierno.

En materia archivística, la Ley Federal de Archivos de 2012 antecedió a la Ley General de Archivos de 2018. Esta última vinculó la organización, conservación y preservación documental con el derecho de acceso a la información y con la rendición de cuentas (*Diario Oficial de la Federación, 2018*).

La Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública de 2015 estableció principios, bases y procedimientos generales para garantizar el derecho. Su diseño se articuló con la Plataforma Nacional de Transparencia y con las obligaciones de transparencia de los sujetos obligados.

La reforma constitucional en materia de simplificación orgánica fue publicada el 20 de diciembre de 2024. El decreto modificó, entre otros preceptos, el artículo 6.º y estableció las bases para la extinción del esquema constitucional anterior y la transferencia de funciones mediante legislación secundaria. Posteriormente, el 20 de marzo de 2025 se publicó el decreto por el que se expidió la nueva Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, junto con otras normas en materia de datos personales. Por ello, resulta incorrecto referirse de manera indistinta a una “reforma constitucional y legal de 2025”: se trata de dos momentos normativos vinculados, pero distintos (*Diario Oficial de la Federación, 2024, 2025*).

2. Reforma de 2024 y rediseño institucional

La reforma constitucional de diciembre de 2024 eliminó del texto constitucional las referencias al INAI y estableció un régimen transitorio para la transferencia de funciones y la armonización normativa. La nueva legislación general de marzo de 2025 desarrolló el nuevo modelo institucional y creó el Sistema Nacional de Acceso a la Información Pública.

El cambio central no consiste en la desaparición del derecho de acceso a la información, que permanece reconocido constitucionalmente, sino en la modificación de las instituciones encargadas de garantizarlo. Este punto resulta fundamental para evitar una lectura exclusivamente institucional de la reforma: la cuestión jurídica relevante es si el nuevo diseño conserva condiciones suficientes para que el derecho pueda ejercerse y defenderse de manera efectiva.

La nueva estructura distribuye competencias entre diversas autoridades garantes y órganos encargados de funciones de control o garantía, según el ámbito del sujeto obligado. Esta distribución puede favorecer una especialización vinculada con cada ámbito institucional, pero también puede generar problemas de coordinación, criterios divergentes y mayores costos de comprensión para las personas solicitantes.

Desde la perspectiva de la autonomía, la comparación entre ambos modelos debe realizarse con cautela. El modelo anterior contaba con un organismo garante nacional dotado de autonomía constitucional; el modelo posterior distribuye funciones entre autoridades con distintas naturalezas jurídicas. Por ello, la afirmación de que existe una pérdida de autonomía no debe presentarse como una conclusión normativa automática, sino como una hipótesis que debe evaluarse a partir de las competencias, procedimientos, mecanismos de decisión y medios de impugnación previstos en la legislación vigente.

La reforma también debe analizarse desde la perspectiva de la simplificación administrativa. La reducción o redistribución de estructuras puede perseguir objetivos legítimos de racionalidad y eficiencia; sin embargo, tales objetivos no sustituyen la obligación de garantizar el derecho. La evaluación jurídica debe determinar si la nueva organización mantiene independencia funcional suficiente, especialización técnica, imparcialidad, accesibilidad y tutela efectiva.

3. Procedimiento de acceso y medios de defensa

La solicitud de acceso a la información constituye el mecanismo formal mediante el cual una persona puede ejercer el derecho frente a un sujeto obligado. La legislación establece requisitos, modalidades y plazos para su atención, así como obligaciones de las unidades de transparencia y de las áreas responsables de localizar y proporcionar la información.

La Plataforma Nacional de Transparencia funciona como instrumento electrónico para la presentación y seguimiento de solicitudes, además de concentrar obligaciones de transparencia. La digitalización facilita la trazabilidad y puede reducir barreras de acceso; no obstante, la accesibilidad digital debe evaluarse considerando conectividad, habilidades tecnológicas y alternativas para personas que enfrentan barreras de acceso.

La clasificación de información reservada o confidencial constituye una excepción al principio de máxima publicidad. Por ello, las decisiones restrictivas deben encontrarse debidamente fundamentadas y motivadas y, cuando corresponda, sujetarse a los requisitos legales aplicables para justificar la restricción. En el ámbito interamericano, la Corte IDH ha señalado que las restricciones al acceso a información estatal deben estar justificadas y ser compatibles con los parámetros convencionales (*Corte IDH, 2006*).

Los medios de impugnación cumplen una función esencial porque permiten revisar las decisiones de los sujetos obligados o de las autoridades competentes. El análisis del nuevo modelo debe distinguir con precisión entre los recursos administrativos previstos por la legislación de transparencia y otros medios de defensa constitucionales, como el juicio de amparo. Esta diferenciación evita presentar mecanismos jurídicamente distintos como si fueran equivalentes. La efectividad del procedimiento no depende únicamente de que exista una vía formal de impugnación. También requiere que las personas conozcan el mecanismo, que las autoridades resuelvan dentro de plazos razonables, que las decisiones sean suficientemente motivadas y que las resoluciones puedan ser ejecutadas.

4. Riesgos, controversias y condiciones de implementación

El primer riesgo identificado es la fragmentación institucional. La distribución de competencias entre diversas autoridades puede generar criterios distintos respecto de cuestiones similares. Este riesgo puede reducirse mediante reglas claras de coordinación, criterios interpretativos consistentes, capacitación especializada y mecanismos que permitan identificar y resolver conflictos de competencia.

El segundo riesgo se relaciona con la especialización. La materia de transparencia combina conocimientos jurídicos, archivísticos, tecnológicos y de protección de datos personales. La transferencia de funciones exige que las autoridades cuenten con capacidades técnicas suficientes; de lo contrario, la reorganización institucional podría traducirse en respuestas menos consistentes o en mayores tiempos de atención.

El tercer elemento es la independencia e imparcialidad. La existencia de una autoridad con distinta naturaleza jurídica a la del organismo autónomo anterior no demuestra por sí sola una afectación al derecho, pero sí justifica una evaluación empírica y jurídica de las condiciones reales en que se adoptan decisiones, especialmente cuando la autoridad que resuelve tiene una relación orgánica con el ámbito gubernamental involucrado.

El cuarto riesgo corresponde a la accesibilidad. La existencia de plataformas digitales puede facilitar el ejercicio del derecho, pero no elimina las brechas de acceso. UNESCO ha desarrollado indicadores y mecanismos de seguimiento internacional sobre la adopción e implementación de garantías de acceso a la información, lo que permite considerar la accesibilidad y la implementación como dimensiones relevantes de evaluación (*UNESCO, 2023*).

Finalmente, la transparencia debe vincularse con la rendición de cuentas sin confundir ambos conceptos. El acceso a información puede contribuir al control democrático y a la participación ciudadana, pero sus efectos dependen de la calidad, oportunidad y comprensibilidad de la

información. Por ello, las futuras evaluaciones deberían utilizar indicadores comparables y no limitarse al número de solicitudes recibidas.

Tabla 1. Fuentes documentales y criterios de revisión

Fuente	Tipo	Utilidad para el análisis
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Norma constitucional	Derecho de acceso a la información y bases constitucionales.
Decreto de 20 de diciembre de 2024	Reforma constitucional	Rediseño institucional y régimen transitorio.
Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 2015	Ley general	Modelo institucional anterior.
Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, 2025	Ley general	Modelo institucional vigente y procedimientos.
Ley General de Archivos, 2018	Ley general	Organización y conservación documental.
Jurisprudencia P./J. 5/2010	Jurisprudencia	Concepto y función de las leyes generales.
Corte IDH, Caso Claude Reyes	Jurisprudencia interamericana	Estándares de acceso, restricciones y tutela.
OEA, Ley Modelo Interamericana 2.0	Estándar regional	Transparencia activa y acceso a información.
UNESCO, Survey on Public Access to Information	Informe/indicadores	Implementación y seguimiento comparado.

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Comparación del modelo institucional

Aspecto	Modelo anterior	Modelo posterior a 2024-2025
Autoridad garante nacional	INAI, organismo constitucional autónomo.	Redistribución de funciones entre nuevas autoridades garantes conforme al ámbito competencial.
Autonomía	Autonomía constitucional del organismo garante nacional.	Naturaleza jurídica diversa de las autoridades que ejercen funciones de garantía.
Coordinación nacional	Sistema Nacional de Transparencia.	Sistema Nacional de Acceso a la Información Pública.
Procedimientos	Solicitudes, obligaciones de transparencia y medios de impugnación bajo el régimen anterior.	Se mantienen mecanismos de acceso y se modifican competencias y reglas institucionales.
Reto principal	Coordinación federal-local y eficacia institucional.	Coordinación, especialización, uniformidad de criterios y tutela efectiva.

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Línea del tiempo de hitos normativos

Año	Hito
1977	Reforma constitucional que incorporó el derecho a la información al artículo 6.º.
2002	Expedición de la Ley Federal de Transparencia y creación del IFAI.
2007	Reforma constitucional que fortaleció las bases y principios del acceso a la información.
2014	Reforma constitucional que otorgó autonomía constitucional al organismo garante nacional y dio paso al INAI.
2015	Publicación de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
2018	Publicación de la Ley General de Archivos.
2024	Publicación de la reforma constitucional en materia de simplificación orgánica.
2025	Publicación de la nueva Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Fuente: elaboración propia

Discusión

Los hallazgos permiten sostener que el cambio de 2024-2025 no debe describirse únicamente como una sustitución de instituciones. El punto central consiste en determinar si la nueva arquitectura institucional proporciona condiciones equivalentes o suficientes para que el derecho pueda ejercerse, protegerse y defenderse.

Desde el criterio de independencia, el modelo anterior ofrecía una garantía institucional concentrada en un órgano constitucional autónomo. El modelo posterior distribuye las competencias. Esta diferencia puede tener ventajas administrativas, pero también exige controles que reduzcan riesgos de dependencia, conflictos de interés o criterios divergentes. La evaluación deberá considerar la naturaleza jurídica de cada autoridad, sus facultades, sus procedimientos y la posibilidad de revisar sus decisiones.

Desde el criterio de especialización, la reforma puede generar oportunidades para que las autoridades responsables desarrollen capacidades más cercanas a los ámbitos específicos de los sujetos obligados. Sin embargo, la especialización requiere recursos, capacitación y criterios comunes. La ausencia de estos elementos puede afectar la uniformidad de las respuestas.

Desde la máxima publicidad, la conservación de obligaciones de transparencia y de mecanismos de solicitud representa continuidad normativa. No obstante, la eficacia del principio depende de cómo se aplican las excepciones, cómo se justifican las reservas y cómo se revisan las decisiones. La experiencia interamericana demuestra que el acceso a la información debe contar con mecanismos de protección y revisión adecuados (Corte IDH, 2006; OEA, 2021).

Desde la perspectiva de accesibilidad, la Plataforma Nacional de Transparencia y otros medios digitales pueden fortalecer la trazabilidad y facilitar el acceso, pero deben acompañarse de medidas

que atiendan las brechas digitales. La implementación debe evaluarse mediante indicadores de tiempo de respuesta, calidad de la información, porcentaje de impugnaciones, cumplimiento de resoluciones y percepción de accesibilidad.

En consecuencia, la principal aportación del análisis consiste en proponer que la reforma sea evaluada mediante criterios verificables y no exclusivamente mediante posiciones favorables o críticas. La simplificación administrativa y la austeridad pueden constituir objetivos legítimos de política pública; la autonomía, imparcialidad, especialización, máxima publicidad y tutela efectiva constituyen criterios jurídicos para determinar si el rediseño cumple con la garantía del derecho.

Conclusiones

El derecho de acceso a la información en México es resultado de una evolución constitucional y legal que ha incorporado progresivamente principios, procedimientos, autoridades especializadas y mecanismos de defensa. La reforma constitucional de 2024 y la nueva legislación general de 2025 modificaron de manera importante la arquitectura institucional, pero no eliminaron el derecho constitucional de acceso a la información.

La principal corrección conceptual frente a versiones anteriores del manuscrito consiste en distinguir la reforma constitucional publicada el 20 de diciembre de 2024 de la legislación secundaria publicada el 20 de marzo de 2025. Esta precisión es indispensable para mantener coherencia cronológica y jurídica.

El nuevo modelo plantea retos relacionados con coordinación, especialización, independencia, imparcialidad, accesibilidad y tutela efectiva. Estos elementos no pueden resolverse únicamente mediante la descripción de las normas; requieren seguimiento de su implementación y evaluación de resultados.

La eficacia de la reforma dependerá de la capacidad de las autoridades para responder de manera oportuna, completa y comprensible, así como de la existencia de mecanismos efectivos para revisar y corregir decisiones. En este sentido, la capacitación de los sujetos obligados y la vigilancia ciudadana constituyen condiciones relevantes para la consolidación de una cultura de transparencia.

Finalmente, el análisis sugiere que futuras investigaciones deben combinar la revisión jurídica con evidencia empírica sobre tiempos de respuesta, calidad de las resoluciones, porcentaje de revocaciones, cumplimiento de decisiones, accesibilidad digital y percepción de imparcialidad. Solo mediante estos indicadores será posible determinar si el nuevo diseño institucional fortalece o debilita, en la práctica, la garantía efectiva del derecho de acceso a la información.

Futuras líneas de investigación

- Comparar los tiempos de respuesta y la calidad de las resoluciones antes y después de la reforma.
- Analizar criterios de las distintas autoridades garantes y detectar divergencias interpretativas.
- Medir el cumplimiento efectivo de las resoluciones emitidas en procedimientos de impugnación.
- Evaluar barreras de accesibilidad digital y alternativas para personas con dificultades de acceso tecnológico.

- Estudiar la percepción ciudadana sobre independencia, imparcialidad y facilidad de ejercicio del derecho.
- Comparar el modelo mexicano con experiencias latinoamericanas y con los estándares interamericanos.

Referencias

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (s. f.). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Corte Interamericana de Derechos Humanos. (2006). Caso Claude Reyes y otros vs. Chile. Fondo, reparaciones y costas. Sentencia de 19 de septiembre de 2006. Serie C No. 151. https://corteidh.or.cr/ver_expediente.cfm?lang=es&nId_expediente=54
- Diario Oficial de la Federación. (2012, 23 de enero). Ley Federal de Archivos.
- Diario Oficial de la Federación. (2014, 7 de febrero). Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de transparencia.
- Diario Oficial de la Federación. (2015, 4 de mayo). Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
- Diario Oficial de la Federación. (2018, 15 de junio). Ley General de Archivos.
- Diario Oficial de la Federación. (2024, 20 de diciembre). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de simplificación orgánica. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5745905&fecha=20/12/2024
- Diario Oficial de la Federación. (2025, 20 de marzo). Decreto por el que se expiden la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados; la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares; y se reforma el artículo 37, fracción XV, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5752569&fecha=20/03/2025
- Diario Oficial de la Federación. (2025, 20 de marzo). Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
- México Unido Contra la Delincuencia, A. C. (2025). Análisis de la reforma en materia de transparencia y acceso a la información pública.
- Naciones Unidas. (1948). Declaración Universal de los Derechos Humanos. <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
- Organización de los Estados Americanos. (2021). Ley Modelo Interamericana 2.0 sobre Acceso a la Información Pública. Departamento de Derecho Internacional. https://www.oas.org/es/sla/ddi/publicaciones_Ley_Modelo_Interamericana_2_0_sobre_Acceso_Informacion_Publica_2021.asp
- Suprema Corte de Justicia de la Nación. (2010). Jurisprudencia P./J. 5/2010. Leyes generales. Su ámbito de aplicación. Semanario Judicial de la Federación.
- Sistema Nacional de Transparencia. (s. f.). Sistema Nacional de Transparencia. https://snt.transparencia.gob.mx/?page_id=431
- UNESCO. (2023). UNESCO Survey on Public Access to Information (SDG Indicator 16.10.2): Report 2023. <https://www.unesco.org/en/right-access-information/report-national-data-regions-2023>

Contribución de autorías

Rol CRediT	A. Pérez	R. Martell	G. Zamora	M. Tavera
Conceptualización	✓	✓		
Metodología	✓			✓
Software	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Validación	✓	✓	✓	✓
Análisis formal	✓		✓	✓
Investigación	✓	✓	✓	✓
Recursos				✓
Curación de datos		✓	✓	✓
Redacción – borrador original	✓			
Redacción – revisión y edición	✓			✓
Visualización		✓		
Supervisión			✓	
Administración del proyecto	✓			
Obtención de financiamiento	✓			

Modelo con la metodología de economía social y solidaria para la producción, industrialización y comercialización de productos a base de nopal en zonas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua

Model based on the social and solidarity economy methodology for the production, industrialization, and commercialization of prickly pear cactus products in desert areas of Ciudad Juárez, Chihuahua

Carlos Francisco Sánchez Viramontes

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Carlos.sv@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-0055-5304>

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Manuel_rodriguez_medina_itcj@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-8922-4718>

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

Miguel Ángel Hernández Rivera

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

Miguel.hr@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6091-4950>

Disciplina: Ingeniería Industrial

Resumen

El presente estudio se centra en el desarrollo de un modelo que, basándose en la metodología de la Economía Social y Solidaria (ESS), integre las variables esenciales de producción, industrialización y comercialización de productos del nopal en las zonas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua. El nopal, una planta característica de esta zona árida, tiene un gran potencial para adaptarse a circunstancias adversas y podría ser un posible impulsor del desarrollo económico, social y ambiental. No obstante, su cadena de producción enfrenta obstáculos relacionados con condiciones agroecológicas restrictivas, escasa industrialización y una segmentación en las vías de comercialización, lo cual afecta la rentabilidad y el bienestar de los productores. El enfoque de la ESS, que se fundamenta en los principios de justicia social, sostenibilidad, cooperación y gestión democrática, brinda un marco distinto para reformular esta cadena de producción. El diagnóstico integral de la investigación comprende una caracterización comercial, agroecológica y tecnológica. Después, sigue un proceso de diseño en el que participan conjuntamente los actores locales, técnicos

y productores. Se lleva a cabo una prueba piloto del modelo para comprobar su capacidad de adaptación y eficacia, evaluando sus efectos en el entorno social, económico y ambiental. La metodología utilizada es mixta, incorporando tanto la perspectiva cualitativa como la cuantitativa. Se basa en técnicas que incluyen: entrevistas semiestructuradas, análisis físico-químicos, encuestas y talleres con la participación de los involucrados. El objetivo del modelo es aumentar el valor agregado del nopal, mejorar las habilidades técnicas y organizativas, y expandir la participación en mercados solidarios, coordinando toda la cadena siguiendo principios de sostenibilidad y solidaridad. La idea es que este proyecto provea un modelo original y replicable que impulse la productividad, la equidad y la sustentabilidad en las comunidades productoras de nopal; esto ayudará a formular políticas públicas enfocadas en un desarrollo territorial integrador en zonas semiáridas.

Palabras clave: Economía Social y Solidaria, nopal, gobernanza participativa, cadena productiva sostenible.

Abstract

This study focuses on developing a model that, based on the methodology of the Social and Solidarity Economy (SSE), integrates the essential variables of production, processing, and marketing of nopal products in the desert areas of Ciudad Juárez, Chihuahua. Nopal, a plant characteristic of this arid region, has great potential to adapt to adverse conditions and could become a driver of economic, social, and environmental development. However, its production chain faces obstacles related to restrictive agroecological conditions, limited processing capacity, and fragmented marketing channels, which affect profitability and producers' well-being. The SSE approach, which is grounded in the principles of social justice, sustainability, cooperation, and democratic management, provides an alternative framework for redesigning this production chain. The comprehensive diagnosis of the research includes a commercial, agroecological, and technological characterization. This is followed by a design process in which local stakeholders, technicians, and producers participate jointly. A pilot test of the model is conducted to verify its adaptability and effectiveness, assessing its effects on the social, economic, and environmental environment. The methodology used is mixed, incorporating both qualitative and quantitative approaches. It is based on techniques that include semi-structured interviews, physicochemical analyses, surveys, and workshops involving the relevant stakeholders. The model aims to increase the added value of nopal, improve technical and organizational capacities, and expand participation in solidarity-based markets by coordinating the entire value chain according to principles of sustainability and solidarity. The purpose of this project is to provide an original and replicable model that promotes productivity, equity, and sustainability in nopal-producing communities. This will help formulate public policies focused on inclusive territorial development in semi-arid areas.

Keywords: Social and Solidarity Economy, prickly pear cactus, participatory governance, sustainable production chain.

Introducción

La Economía Social y Solidaria (ESS) de México plantea un modelo alternativo al capitalismo neoliberal. Se centra en la gobernanza democrática, la sostenibilidad y la solidaridad para afrontar el abandono gubernamental crónico. Este marco agrupa a diversos actores, principios de ética y métodos participativos que fortalecen las comunidades, sobre todo en situaciones de vulnerabilidad como la de Ciudad Juárez, Chihuahua frente a crisis institucionales y presupuestarias que dejan sin asistencia a millones de personas.

La rendición de cuentas, la solidaridad, la autonomía, la sostenibilidad, la transparencia y la gobernanza democrática son los pilares de la ESS. Esta prioriza el bienestar colectivo sobre la ganancia individual. Estos principios, que están de acuerdo con Ley de la Economía Social Y Solidaria *SOCIAL, L. G. D. D. (2004). Ley general de desarrollo social. In Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, DF.*, fomentan que cada individuo tenga un voto y que los excedentes se reinviertan en la comunidad.

Actores y desafíos gubernamentales

Involucra a la academia, las comunidades, los gobiernos, el sector privado y las ONG; sin embargo, presenta dificultades de escasa coordinación (programas dispersos que suman 150), cobertura restringida (solo el 18 % de los 7,8 millones de miembros se benefician) y falta de financiación (0,02% del PIB en 2023). Las dificultades locales como la falta de agua y la inseguridad agravan el abismo en Ciudad Juárez, dado que menos del 5% de los proyectos están ubicados en áreas marginales.

Estructuras de gobernanza

Incluye sugerencias variadas, comisiones técnicas, juntas y supervisión en las que intervienen todos los integrantes para resolver desacuerdos y tomar decisiones de manera colectiva. La autogestión genera más del 45% de los ingresos en ejemplos como Yomol A'tel, en Chiapas, lo que demuestra un éxito independiente; esto contrasta con el fracaso de las iniciativas estatales, ya que el 65% de las iniciativas del INAES no lograron resultados positivos. Díaz, M. R. V. (2019). *El sentido de lo alternativo en la economía solidaria: la experiencia de Yomol A'tel* (Vol. 92). Universidad de Deusto.

Necesidades de participación ciudadana

Para sobrevivir, es esencial la participación directa, dado que el INAES se ha desplomado (no posee recursos desde 2022). El 87% de las cooperativas se sostiene con democracia, mientras que solo el 35% lo hace sin ella. Las federaciones autónomas y las asambleas soberanas, que tienen el respaldo de la Ley ESS, producen un efecto social duradero y ocupan vacíos institucionales. La ESS pide un fortalecimiento inminente en 2026 cuando la tasa de desempleo juvenil en Chihuahua es del 14,2 % y la pobreza se sitúa en el 41,5 %. Rojas Herrera, J. J. (2020). The social solidary economy and the new federal government's social policy. *Nóesis. Revista de ciencias sociales*, 29(57), 68-87.

La metodología de gobernanza puede definirse como un conjunto de procesos orientados a organizar, coordinar y supervisar las normas, decisiones y acciones colectivas necesarias para atender problemáticas de interés común. En ella intervienen actores sociales, instituciones públicas y organizaciones privadas, los cuales colaboran mediante mecanismos que buscan ser justos, incluyentes y sostenibles. La Economía Social y Solidaria (ESS), la gobernanza se basa en principios

como la transparencia, la autogestión y la participación democrática de las personas involucradas. Este enfoque se diferencia de los modelos tradicionales de organización, caracterizados por estructuras jerárquicas en las que las decisiones suelen concentrarse en pocas personas o autoridades.

Origen y definición inicial

Villamar, Z. (2017). Gobernanza Global y (su propio) desarrollo (Commission on Global Governance, 1995, p. 2). *Revista de Relaciones Internacionales de la UNAM.*) lo definió como "la fusión de diferentes formas en las que individuos e instituciones, tanto públicas como privadas, manejan sus asuntos comunes" y así se hizo popular en los años noventa. Se trata de un proceso que armoniza intereses contrapuestos a través de instituciones formales e informales. Se utilizó al principio para la administración de empresas (gobernanza corporativa) y luego se amplió a la gobernanza política con el fin de lograr un avance legítimo y efectivo a través de una armonía entre el Estado, la sociedad civil y el mercado.

Evolución conceptual

La perspectiva se transformó en el año 2000, pasando de un examen de gobernabilidad (la aptitud del Estado para responder a las solicitudes con estabilidad y eficacia, según la investigación realizada entre los años 80 y 90) a una concepción de gobernanza democrática que abarca la equidad, el pluralismo y la rendición de cuentas, como lo establecen el PNUD y la OCDE. Examina la eficiencia democrática del gobierno en las ciencias políticas Fukuyama, F., Dann, C., & Magaloni, B. (2025). Desempeñando para la democracia: por qué los resultados importan. *Revista Elecciones*, 24(30). En la ESS, se transforma en una cogobernanza descentralizada que incluye a grupos de interés y permite que la sociedad civil tenga más poder Ambrose-Oji, B., A. Van Der Jagt, A. Stewart, C. Branquinho, A. Buijs, M. Buizer, T. Delshammar, B. Elands, H. Fors, E. Geröházi, R. Hansen, G. Havik, C. Konijnendijk, M. Nastran, S. Pauleit, E. Rall, A. Santos, M. Smith, M. S. Møller, ... B. Ambrose (2015). The governance of urban green spaces in selected EU-cities.

Aplicación en la ESS México

La ley 2012 de México, en sus artículos 9 y 10, establece que la autonomía, la solidaridad, la transparencia absoluta y la democracia directa (un voto por persona) son los temas prioritarios para el gobierno en la ESS. Esto se lleva a cabo mediante la creación de juntas soberanas en situaciones de colapso institucional (INAES) y consejos rotativos. Alcanza un cambio de una estructura jerárquica (gobierno centralizado) a una distribuida horizontal, como sucede en "Nodos Fuerzas Liebres" (Ciudad Juárez) o Yomol A'tel (Chiapas), logrando así un aumento del 45% en los ingresos mediante la autogestión. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). *SOCIAL, L. G. D. D. (2004). Ley general de desarrollo social. In Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, DF.*

Problema de investigación

El problema central radica en que, pese a que la ESS promueve una gobernanza democrática y participativa, en Ciudad Juárez persisten limitaciones institucionales, financieras, organizativas y territoriales que dificultan la participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones y en la gestión de proyectos de desarrollo. Como consecuencia, muchas iniciativas pueden depender de apoyos externos, carecer de continuidad, presentar baja articulación entre actores o no alcanzar a los sectores que viven en condiciones de mayor vulnerabilidad.

Por ello, resulta necesario investigar qué mecanismos de gobernanza democrática, participación ciudadana y autogestión pueden fortalecer a las organizaciones de la Economía Social y Solidaria en Ciudad Juárez, Chihuahua, y contribuir a que sus proyectos generen resultados sociales, económicos y ambientales sostenibles.

Pregunta de investigación

¿De qué manera el diseño e implementación de un modelo de Economía Social y Solidaria, basado en la gobernanza democrática y en la integración de las etapas de producción, industrialización y comercialización del nopal, puede mejorar la rentabilidad, el valor agregado, las capacidades organizativas y la sustentabilidad de las comunidades productoras de nopal en las zonas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua?

Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar un modelo de Economía Social y Solidaria para la cadena de valor del nopal en zonas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua, que integre procesos sustentables de producción, industrialización y comercialización, así como mecanismos de gobernanza democrática y participación comunitaria, con el fin de incrementar el valor agregado, la rentabilidad, las capacidades técnicas y organizativas, y el bienestar de las comunidades productoras.

Hipótesis general

La implementación de un modelo de Economía Social y Solidaria que articule de manera participativa la producción, industrialización y comercialización del nopal, junto con mecanismos de autogestión, transparencia y gobernanza democrática, mejorará el valor agregado de los productos, la rentabilidad de las unidades productivas, las capacidades técnicas y organizativas de los productores y la sustentabilidad socioambiental de la cadena de valor del nopal en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Materiales y Métodos

El estudio propone desarrollar el modelo integral basado en la metodología de la Economía Social y Solidaria (ESS), que incorpore las variables principales de producción, industrialización y comercialización de productos derivados del nopal, adaptándolo a las circunstancias específicas del desierto de Ciudad Juárez. El cual se ubica en el campus 2 de Ciudad Juárez, dentro de las instalaciones del Tecnológico.

Metodología

Diseño de Investigación

- Mixto (cuantitativo y cualitativo).
- Enfoque participativo y multidisciplinario.
- Método de estudio de caso en comunidades productoras.

Diagnóstico Integral

- Análisis agroecológico (suelo, clima, cultivo).
- Mapeo de actores y cadena productiva.
- Encuestas y entrevistas a productores, técnicos y comercializadores.

Co-diseño del Modelo ESS

- Talleres participativos para definir variables, relaciones y estrategias.
- Integración de saberes campesinos y técnicos.

Implementación Piloto

- Aplicación del modelo en comunidades seleccionadas.
- Monitoreo y recopilación de datos socioeconómicos y ambientales.

Evaluación y Ajustes

- Evaluación de impacto en condiciones productivas, económicas y organizativas.
- Ajuste del modelo basado en resultados y retroalimentación.

Instrumentos

- Cuestionarios estructurados.
- Guías para entrevistas semiestructuradas.
- Registros técnicos de producción e industrialización.
- Análisis financiero y de mercado.
- Talleres colaborativos y grupos focales.

Análisis de Datos

- Estadística descriptiva e inferencial para datos cuantitativos.
- Análisis temático y codificación para cualitativos.
- Triangulación para fortalecer la validez.

Resultados Esperados

- Modelo validado y contextualizado de ESS para la cadena del nopal.
- Fortalecimiento técnico y organizativo de productores.
- Incremento en valor agregado y acceso a mercados solidarios.
- Propuestas fuertes dirigidas a políticas públicas de desarrollo territorial.

Herramientas y Técnicas

- Plataformas digitales para la transparencia (balances públicos).
- Talleres rotativos y federaciones independientes para aumentar la capacidad.
- Indicadores fundamentales: rotación de cargas mayor del 60 % y crisis de supervivencia entre el 87 y el 92 %.

Fase	Actores Principales	Técnicas Clave	Indicador Éxito
Diagnóstico	Comunidades, ONG	Asambleas, mapeo colectivo	>70% asistencia
Planificación	Consejo Plural, Academia	Consenso 80%, presupuestos	Objetivos aprobados
Ejecución	ESS, Sector privado	Capacitación ITCJ, alianzas	+45% ingresos
Evaluación	Todos (participativa)	Auditorías digitales	100% transparencia

Fase	Actores Principales	Técnicas Clave	Indicador Éxito
Ajuste	Comisiones temáticas	Diálogo mediado, veto	87% supervivencia

Esta metodología transforma los problemas estructurales en soluciones resilientes (47,313 entidades sin apoyo), garantizando autonomía frente al presupuesto de ESS, que se proyecta en cero para 2026.

Modelo de Gobernanza en la Economía Social y Solidaria en México

En México, el modelo de gobernanza es el elemento esencial de la Economía Social y Solidaria (ESS), porque establece la estructura sobre la que los organismos del sector social toman decisiones, funcionan y reparten sus beneficios. La gobernanza en la ESS, a diferencia del modelo corporativo clásico, no se fundamenta en el capital, sino en el liderazgo democrático y la preferencia de las personas.

Su importancia se manifiesta en los siguientes puntos clave:

- *Equidad y democracia directa:* El principio de "una persona, un voto", implementado en las cooperativas mexicanas, fomenta la justicia social al garantizar que el poder no se concentre en manos de quienes tienen más recursos económicos.
- *Autonomía y autogestión:* Permite que las comunidades tengan el control de sus propios procesos productivos y económicos, lo que disminuye la dependencia de factores externos o las fluctuaciones del mercado tradicional.
- *Reparto equitativo de excedentes:* La gobernanza establece reglas claras para evitar que las ganancias se concentren de forma individual, y así se reinviertan en la misma entidad o sirvan al bienestar de la comunidad local.
- *Transparencia y rendición de cuentas:* Un marco de gobernanza apropiado reduce los conflictos internos y la improvisación mediante mecanismos participativos de supervisión, lo cual es crucial para que las iniciativas sociales puedan sobrevivir en el largo plazo.
- *Transformación de la sociedad:* Según el INAES, este modelo tiene como objetivo establecer conexiones de espíritu comunitario que fomenten el crecimiento productivo de las localidades de manera colaborativa e inclusiva.

A continuación, se muestra un gráfico más detallado con los puntos claves antes mencionados.

Puntos Clave	Dibujo Sugerido	Descripción Visual
Equidad y Democracia Directa	Una balanza equilibrada con siluetas humanas iguales.	Resalta el principio de "una persona, un voto" .
Autonomía y Autogestión	Un timón de barco manejado por varias manos.	Simboliza el control local frente a las oscilaciones del mercado.

Reparto Equitativo de Excedentes	Una planta de nopal cuyas raíces alimentan a una comunidad.	Muestra que los beneficios se reinvierten para el bienestar colectivo .
Transparencia y Rendición de Cuentas	Un libro de cuentas abierto bajo una lupa o luz clara.	Representa los mecanismos de supervisión y rendición de cuentas.
Transformación de la Sociedad	Un sol amaneciendo sobre un mapa local (Ciudad Juárez).	Refleja el espíritu comunitario e inclusivo promovido por el INAES .

Los cinco esquemas de participación sugeridos por Ambrose-Oji (2015) actúan como una "escalera" para empoderar la gobernanza participativa en los sistemas de Economía Solidaria y Social (ESS), pasando desde la consulta jerárquica hasta la cogobernanza conjunta. Estos niveles posibilitan la evaluación de la autonomía de los productores y la madurez organizativa, lo que hace más fácil el cambio de beneficiarios pasivos a administradores activos del territorio.

Indicadores Gobernanza Participativa Exitosa

Cinco Esquemas Participación (Ambrose-Oji, 2015). Ver figura 1

1. Consulta sobre planes gobierno (jerárquica-política).
2. Involucramiento estratégico en la toma de decisiones (jerárquica mixta).
3. Iniciativas espontáneas políticas públicas (ciudadanas).
4. Intervenciones físicas espontáneas (ciudadanas).
5. Cooperativas de gestión co gobernanza (conjunta).

Figura 1. Ejes: Jerárquica/Espontánea × Política/Física.



Fuente: Elaboración propia. Modelo espectral del esquema de gobernanza de los EVU (Ambrose-Oji 2017)

El proyecto que emplea la Metodología de Economía Social y Solidaria para la producción, industrialización y comercialización de productos hechos a base de nopal en áreas desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua. En particular, en la zona del Tecnológico de Ciudad Juárez, Campus 2.

Organigrama del proyecto

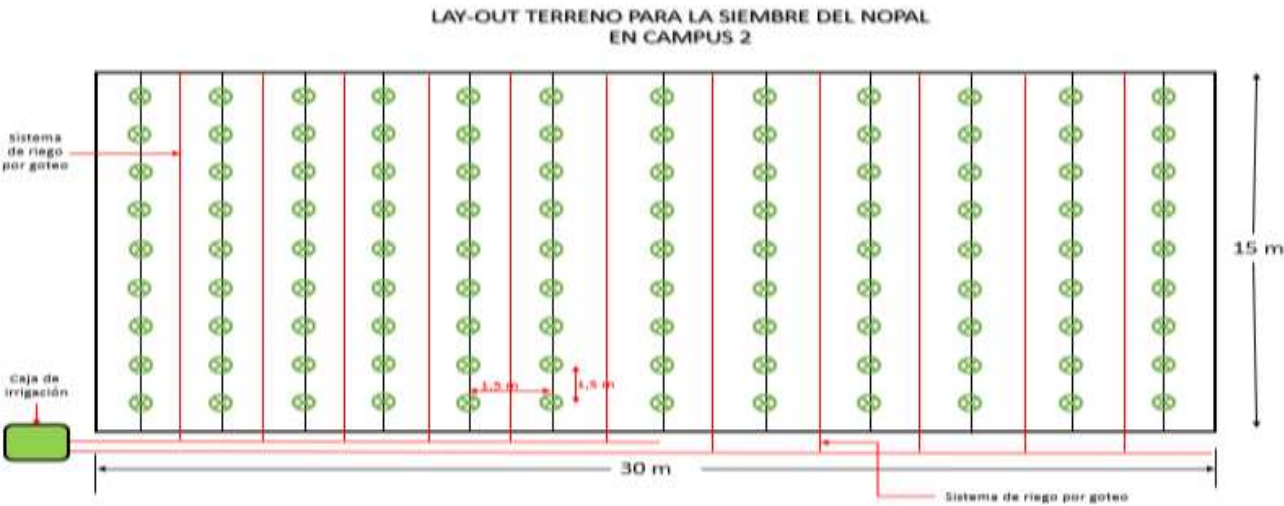
En la figura 2 se muestra el organigrama, integrado por el comité del proyecto.



Fuente: Elaboración propia. Organigrama del proyecto. Elaboración propia

Distribución del terreno para la siembra del nopal

En la figura 2 se muestra el lay-out del proyecto para la aplicación de un modelo con la Metodología de Economía Social y Solidaria para la Producción, Industrialización y Comercialización de Productos a Base de Nopal en Zonas Desérticas de Ciudad Juárez, Chihuahua. En particular en el área del Tecnológico de Ciudad Juárez Campus 2.



Fuente: Elaboración propia. Lay out para la siembra del nopal.

Proceso de actividades del proyecto para la siembra del nopal



➤ **Figura 3.** Delimitación del terreno

- **14 de noviembre del 2025:** Se delimitó el terreno para el proyecto de la siembra del nopal.
- **21 de noviembre del 2025.** Se visitó el campus 2 en compañía del coordinador de mano de obra, para verificar los materiales necesarios para la instalación del sistema de riego por goteo.
- **28 de enero del 2026.** Se llevó material para el sistema de riego por goteo para la siembra del nopal. Se detectó una anomalía, que al parecer podría ser un obstáculo en el área para la siembra del nopal. Durante las precipitaciones intensas en esas fechas, se observó el desbordamiento de un arroyo hacia el área del proyecto. Pero se tomó la decisión y la siguiente solución:
 - Con las intensas precipitaciones, el agua de la lluvia nos ayudara a darle forma al cauce para regar la siembra.
 - Otra opción será, hacer que el cauce se controle y se canalice hacia otros sentidos opuestos al proyecto.
- **7 de febrero del 2026.** Se hizo trabajo de excavación, instalación de llaves y tubería para la primera toma principal de riego. Los coordinadores de la obra instalaron la primera caja de irrigación, para la primera toma principal de riego. Ver figura 4.

Figura 4. Caja de irrigación.



- **14 de febrero del 2026.** Se excavó un tramo de 8 m de largo con una profundidad de 0,5 m aproximadamente. Se acondicionó para poner la segunda caja de irrigación, para la segunda toma principal de riego, para llegar al área de la siembra del nopal.
- **21 de febrero del 2026.**
Se hicieron trabajos de limpieza y aplanado del terreno en el área de la siembra del nopal. Ver figura 5. Se instaló la segunda caja de irrigación, para la toma principal de riego. Se hicieron trabajos de excavación, instalación de llaves y tuberías dobles para la segunda toma principal de riego. Se instaló el sistema de tubería doble a lo largo del terreno que mide 30 metros.

Figura 5. Aplanado del terreno.



Resultados

Conformación del equipo de trabajo. Diseño del lay-out para la siembra del nopal. Instalación de la red de abastecimiento hidráulico. Terreno aplanado y nivelado para llevar a cabo la siembra del nopal

Conclusiones

Esta investigación verifica un modelo integral de Economía Social y Solidaria (ESS) aplicado a la cadena completa del nopal en áreas desérticas de Ciudad Juárez, evidenciando viabilidad operativa en el ITCJ Campus 2 y su conformidad con los principios establecidos por la Ley ESS 2012.

El diseño mixto-participativo (diagnóstico agroecológico, co-diseño de talleres, implementación piloto y evaluación triangulada) ha demostrado ser eficaz: los pasos sucesivos desde la identificación de actores hasta el monitoreo socioeconómico y ambiental producen capacidades técnicas (como el riego por goteo adaptado a las lluvias) y organizativas (comités rotativos), lo cual facilita superar obstáculos relacionados con desierto o fragmentación comercial.

El modelo incrementa el valor agregado del nopal mediante la producción adaptada al desierto, la industrialización creativa (por ejemplo, la extracción de mucílago para alimentos y materiales biodegradables) y la comercialización en mercados solidarios, lo que promueve la equidad y la rentabilidad para los productores locales.

La metodología mixta (diagnóstico integral, co-diseño con actores locales, piloto y evaluación) garantiza la transparencia, la triangulación de datos y la gobernanza democrática, lo cual está en línea con la Ley ESS de México. Esta metodología busca vencer barreras como el escaso financiamiento gubernamental (0.02% del PIB en 2023).

Futuras líneas de investigación

El modelo ESS el nopal en Ciudad Juárez se enfoca en expandir su influencia desde el proyecto piloto ITCJ a implementaciones sistémicas en economías semiáridas. Con el fin de continuar la investigación sobre la implementación del modelo de Economía Social y Solidaria (ESS) en el nopal en Ciudad Juárez, se proponen las siguientes direcciones futuras que exploran a fondo la gobernanza autónoma, la resiliencia tecnológica y el mercado justo:

Aprovechamiento óptimo del agua: Examinar sistemas de riego inteligente económicos (como el goteo solar o la recolección de bruma) que estén destinados a cooperativas, con el fin de reducir al mínimo el efecto en el acuífero regional. Industrialización de subproductos: Investigar la elaboración de cosméticos de alta calidad, biocombustibles o bioplásticos con el mucílago y la cáscara del nopal para diversificar los ingresos más allá del consumo alimenticio. Modelos de decisión digital: Investigar la aplicación de herramientas tecnológicas (como el blockchain o las aplicaciones de voto democrático) para asegurar la transparencia y la rendición de cuentas en las asambleas soberanas, con el fin de reducir el peligro del clientelismo. Capacidad de recuperación frente al abandono

institucional: Examinar la forma en que las federaciones de productores pueden formar fondos internos de ahorro y préstamo para reemplazar la ausencia de financiamiento de entidades como el INAES. e-commerce colaborativo: Crear plataformas digitales de venta directa entre el productor y el consumidor (B2C) en Ciudad Juárez y El Paso, Texas, con la marca "Comercio Justo y Fronterizo". Certificaciones de ESS: Establecer un símbolo local de Economía Solidaria de Chihuahua que certifique procesos sustentables y con impacto social, lo que permitirá el acceso a nichos de mercado orgánico y gourmet. Punto de vista sobre la juventud y el género: Explorar la inclusión de mujeres y jóvenes dentro de la cadena de valor para disminuir el desempleo del 14,2% señalado, a través de programas formativos en el ámbito técnico industrial. Capacidad de escalar el modelo: Examinar la posibilidad de aplicar el modelo de producción de nopal en otras comunidades semiáridas del norte mexicano que atraviesan crisis presupuestarias parecidas.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del Tecnológico Nacional de México a través de la convocatoria 2024 "Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación". Iniciativa donde el TecNM reafirma su compromiso de apoyar e impulsar la investigación y la innovación, consolidándose como una institución que además de formar profesionales, también genera conocimientos que aportan al desarrollo tecnológico y social de México.

Referencias

- Ambrose-Oji, B., A. Buijs, E. Geröházi, T. Mattijssen, L. Száraz, A. P. N. van der Jagt, R. Hansen, E. Rall, E. Andersson, J. Kronenberg y W. Rolf (2017). Innovative Governance for Urban Green Infrastructure: A Guide for Practitioners. Work Package 6: Innovative Governance for Urban Green Infrastructure Planning and Implementation GREEN SURGE Deliverable 6.3, en <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/358128>.
- Ambrose-Oji, B., A. Van Der Jagt, A. Stewart, C. Branquinho, A. Buijs, M. Buizer, T. Delshammar, B. Elands, H. Fors, E. Geröházi, R. Hansen, G. Havik, C. Konijnendijk, M. Nastran, S. Pauleit, E. Rall, A. Santos, M. Smith, M. S. Møller, ... B. Ambrose (2015). The governance of urban green spaces in selected EU-cities, en https://greensurge.eu/working-packages/wp6/files/Buizer_et_al_2015_D6.1_GREEN_SURGE_The_governance_of_urban_green_spaces_in_selected_EU_cities.pdf.
- SOCIAL, L. G. D. D. (2004). Ley general de desarrollo social. In *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México, DF*.
- Díaz, M. R. V. (2019). *El sentido de lo alternativo en la economía solidaria: la experiencia de Yomol A'tel* (Vol. 92). Universidad de Deusto.
- Fukuyama, F., Dann, C., & Magaloni, B. (2025). Desempeñando para la democracia: por qué los resultados importan. *Revista Elecciones*, 24(30).
- Rojas Herrera, J. J. (2020). The social solidary economy and the new federal government's social policy. *Nóesis. Revista de ciencias sociales*, 29(57), 68-87.
- Villamar, Z. (2017). Gobernanza Global y (su propio) desarrollo (Commission on Global Governance, 1995, p. 2).

De los datos a la decisión: gestión estratégica en educación superior tecnológica

From Data to Decision: Strategic Management in Technological Higher Education

Mara Dennise Salcido Celada

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

mara.sc@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-6754-0812>

Gabriela Alejandra Barrón Ortega

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

gabriela.bo@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0003-5367-2572>

Viridiana Reyes Uribe

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

viridiana.ru@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0944-2951>

Norberto López Garza

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

norberto.lg@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6156-9477>

Disciplina: Educación superior tecnológica

Resumen

El uso estratégico de los datos se ha consolidado como un elemento fundamental para la toma de decisiones en la educación superior tecnológica. El presente capítulo analiza el comportamiento de la matrícula institucional del TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez desde 2023 hasta el periodo enero-junio de 2026, a partir de registros institucionales oficiales. Mediante un enfoque descriptivo-analítico y un análisis longitudinal, se identificaron patrones en la matrícula. Destaca un comportamiento cíclico, con incrementos en los periodos agosto-diciembre y contracciones en enero-junio, así como una tendencia general de crecimiento moderado. Las variaciones intersemestrales oscilaron entre incrementos de hasta 9.65 % y disminuciones de hasta 9.20 %, mientras que el modelo de regresión lineal mostró una tendencia positiva a largo plazo, como se expone en la sección de resultados. Asimismo, el análisis por programa académico permitió identificar una concentración de la matrícula en áreas estratégicas, particularmente en Ingeniería Industrial, Sistemas Computacionales y Mecatrónica, así como la presencia de programas emergentes y programas con baja demanda. Los resultados demuestran que la matrícula no únicamente constituye un indicador del tamaño institucional, sino un instrumento estratégico para la planeación, la asignación eficiente de recursos y la reconfiguración de la oferta educativa. Se concluye que la transformación de datos en

información accionable fortalece la toma de decisiones basada en evidencia, contribuyendo a la pertinencia y sostenibilidad institucional.

Palabras clave: Matrícula, toma de decisiones, planeación estratégica, educación superior tecnológica, análisis de datos, pertinencia educativa.

Abstract

The strategic use of data has become a fundamental element in decision-making within technological higher education. This chapter analyzes institutional enrollment at the Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez from 2023 through the January-June 2026 term, based on official institutional records. Using a descriptive-analytical approach and longitudinal analysis, enrollment patterns were identified, revealing a cyclical pattern characterized by increases during August-December terms and decreases during January-June terms, as well as an overall trend of moderate growth. Inter-semester variations ranged from increases of up to 9.65% to decreases of up to 9.20%, while a linear regression model indicated a positive long-term trend. Additionally, the analysis by academic program revealed a concentration of enrollment in strategic areas, particularly Industrial Engineering, Computer Systems Engineering, and Mechatronics, as well as the presence of emerging and low-demand programs. The results demonstrate that enrollment is not only an indicator of institutional size but also a strategic tool for planning, efficient resource allocation, and the reconfiguration of the academic offering. It is concluded that transforming data into actionable information strengthens evidence-based decision-making, contributing to institutional relevance and sustainability.

Keywords: enrollment, decision-making, strategic planning, technological higher education, data analysis, educational relevance.

Introducción

La educación superior tecnológica opera en un contexto de cambio constante, caracterizado por transformaciones en el mercado laboral, el avance acelerado de la tecnología, la evolución demográfica y el incremento en la exigencia de rendición de cuentas por parte de las instituciones públicas y privadas. En este escenario, las decisiones estratégicas no pueden sustentarse únicamente en la experiencia directiva o en criterios históricos aislados, sino que requieren un uso sistemático de datos confiables, oportunos y analíticamente interpretados (*Provost & Fawcett, 2013; Davenport & Harris, 2007*).

En este sentido, la matrícula constituye uno de los principales indicadores de desempeño institucional (Bichsel, 2012; Daniel, 2015), ya que refleja la confianza social en la institución, la pertinencia de su oferta educativa y su capacidad de respuesta a las demandas del entorno. Sin embargo, su valor no radica únicamente en su dimensión cuantitativa, sino en su capacidad para evidenciar patrones, tendencias y dinámicas que orientan la toma de decisiones.

El análisis de la matrícula del TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez desde 2023 hasta el periodo enero-junio de 2026 evidencia un comportamiento cíclico y una tendencia general de crecimiento moderado: pasó de aproximadamente 6,429 estudiantes en el primer semestre de 2023 a más de 6,600 en periodos recientes. Asimismo, se identifican variaciones intersemestrales

significativas, con incrementos en los ciclos de ingreso (agosto-diciembre) y contracciones en los periodos intermedios (enero-junio), lo que pone de manifiesto la necesidad de interpretar los datos más allá de su valor absoluto.

Adicionalmente, el comportamiento diferenciado por programas académicos revela una concentración de la matrícula en áreas estratégicas como Ingeniería Industrial, Sistemas Computacionales y Mecatrónica, así como el surgimiento de programas emergentes vinculados a tecnologías de la información y ciberseguridad. Estos hallazgos evidencian que la matrícula no se distribuye de manera homogénea, sino que responde a dinámicas de pertinencia, demanda y vinculación con el entorno productivo.

El tránsito de los datos a la decisión implica reconocer que los datos, por sí solos, carecen de valor estratégico si no son analizados, interpretados y contextualizados. En la educación superior tecnológica, este proceso resulta especialmente relevante, dado que la oferta educativa debe responder de manera ágil a sectores productivos altamente dinámicos y en constante transformación. En este contexto, el presente capítulo se centra en el análisis del comportamiento de la matrícula institucional desde 2023 hasta el periodo enero-junio de 2026. Como fuente principal se utilizan los archivos oficiales generados por los departamentos de Servicios Escolares y de Planeación, Programación y Presupuestación. A partir de este análisis, se demuestra cómo la información derivada de la matrícula puede constituirse en un insumo estratégico para tomar decisiones relacionadas con el dimensionamiento institucional, la planeación del crecimiento y la apertura, consolidación o liquidación de programas académicos, contribuyendo así a la pertinencia y sostenibilidad institucional.

Metodología

La metodología empleada se fundamenta en un enfoque descriptivo-analítico con orientación cuantitativa (Creswell & Creswell, 2018), centrado en el análisis de datos institucionales para la toma de decisiones estratégicas. Este enfoque permite no solo describir el comportamiento de la matrícula, sino también identificar patrones, tendencias y variaciones relevantes a lo largo del tiempo, así como generar insumos para la planeación institucional.

2.1 Fuentes de información

Se utilizaron archivos institucionales oficiales emitidos por los departamentos de Servicios Escolares y de Planeación, Programación y Presupuestación del TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Estos documentos corresponden a los periodos lectivos comprendidos entre enero-junio de 2023 y enero-junio de 2026 e incluyen información detallada sobre la matrícula de licenciatura y posgrado.

Los archivos contienen variables relevantes, como el periodo lectivo, el programa académico, la modalidad educativa (escolarizada, mixta y no escolarizada), el género, el tipo de ingreso (nuevo ingreso y reingreso) y el total de estudiantes inscritos. Para efectos del análisis, se utilizaron los totales institucionales consolidados, lo que permitió garantizar la comparabilidad entre periodos.

2.2 Extracción y sistematización de datos

La información fue extraída de los reportes institucionales y organizada en una base de datos estructurada por periodo lectivo. Este proceso implicó la depuración, validación y homologación de los datos, con el fin de asegurar su consistencia y comparabilidad longitudinal.

A partir de esta sistematización, se construyeron indicadores clave como matrícula total por periodo, variación porcentual intersemestral y distribución por programa académico. Este proceso permitió transformar información originalmente fragmentada en un conjunto de datos analíticamente útil para la identificación de tendencias institucionales.

2.3 Análisis longitudinal de la matrícula

Se realizó un análisis longitudinal de la evolución de la matrícula en siete periodos consecutivos, desde enero-junio de 2023 hasta enero-junio de 2026. Esto permitió identificar patrones cíclicos, tendencias de crecimiento y variaciones interanuales.

Para ello, se aplicaron técnicas de análisis descriptivo, incluido el cálculo de las tasas de crecimiento porcentual entre periodos, así como la identificación de comportamientos diferenciados por tipo de programa académico (creciente, estable o decreciente). El análisis evidenció un comportamiento cíclico de la matrícula, con incrementos en los periodos de ingreso (agosto-diciembre) y disminuciones en los periodos intermedios (enero-junio).

2.4 Análisis estadístico y modelo predictivo

Con el objetivo de fortalecer el análisis, se incorporó un modelo de regresión lineal simple para estimar la tendencia general de la matrícula en el tiempo. Este modelo permitió identificar una tendencia de crecimiento moderado, así como generar proyecciones de matrícula para periodos futuros.

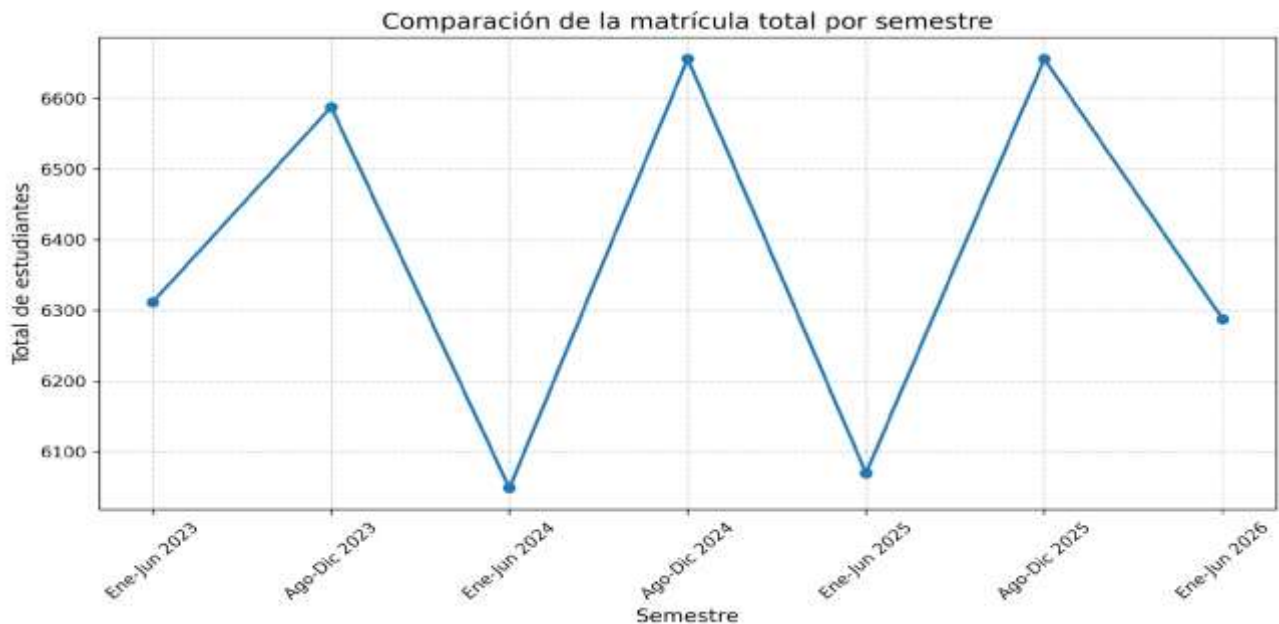
Adicionalmente, se analizaron las variaciones porcentuales entre periodos, lo que permitió identificar momentos de expansión y contracción institucional, proporcionando evidencia cuantitativa para la toma de decisiones estratégicas.

2.5 Vinculación con la toma de decisiones

Los resultados obtenidos se interpretaron desde una perspectiva estratégica y se vinculó el comportamiento de la matrícula con decisiones institucionales clave, como se observa en el gráfico 2.1. Entre estas decisiones se encuentran el dimensionamiento institucional, la planeación del crecimiento, la asignación de recursos y la apertura, consolidación o liquidación de programas académicos.

Este enfoque permite trascender el análisis descriptivo de los datos, posicionando la matrícula como un instrumento estratégico para la gestión institucional basada en evidencia.

Gráfico 2.1. Comparación de la matrícula total por semestre, con los datos globales reportados en los archivos institucionales.



2.3 Análisis longitudinal de la matrícula

Se realizó un análisis longitudinal del comportamiento de la matrícula institucional desde el periodo enero-junio de 2023 hasta enero-junio de 2026, con el propósito de identificar patrones de evolución a lo largo del tiempo y sus implicaciones para la toma de decisiones estratégicas.

El análisis incluyó:

- Identificación de tendencias de crecimiento o disminución a nivel institucional a partir de la evolución de la matrícula total por periodo lectivo.
- Análisis del comportamiento diferenciado por programa académico para distinguir áreas con alta concentración de estudiantes, estabilidad o variaciones significativas.
- Clasificación de los programas académicos en función de la dinámica de su demanda, mediante la identificación de comportamientos crecientes, estables o decrecientes.

2.4 Vinculación del análisis con la toma de decisiones y el modelo predictivo

Para analizar la variación de la matrícula institucional, se calculó el crecimiento porcentual entre periodos utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Variación \%} = \frac{M_t - M_{t-1}}{M_{t-1}} \times 100$$

Aplicando esta fórmula a los datos institucionales, se obtienen los siguientes resultados:

$$\frac{6588 - 6429}{6429} \times 100 = 2.47\%$$

Se observa un crecimiento moderado de 2.47 %, asociado al ingreso de nuevos estudiantes.

2.4.1 Disminución en 2025 (agosto-diciembre de 2024 a enero-junio de 2025)

$$\frac{6070 - 6685}{6685} \times 100 = -9.20\%$$

Se identifica una disminución de 9.20 %, lo que refleja un periodo de ajuste o una posible deserción.

2.4.2 Recuperación en 2025 (enero-junio a agosto-diciembre)

$$\frac{6656 - 6070}{6070} \times 100 = 9.65\%$$

Se presenta un crecimiento significativo de 9.65 %, lo que indica una recuperación institucional.

2.4.3 Modelo de regresión aplicado

Con el propósito de evaluar la tendencia de la matrícula institucional a lo largo de los siete periodos, se empleó un modelo de regresión lineal simple. Se consideró como variable independiente (x) el periodo semestral y como variable dependiente (y) la matrícula institucional total. El análisis comprendió siete observaciones (n = 7), correspondientes a los periodos incluidos en el estudio longitudinal.

$$y = 6.43x + 6420$$

Para el siguiente periodo:

$$y = 6.43(7) + 6420 = 6465 \approx 6500 \text{ alumnos}$$

El ajuste del modelo mostró una capacidad explicativa reducida ($R^2 = 0.001$), por lo que el tiempo, considerado como variable lineal, explica una proporción mínima de la variabilidad observada en la matrícula. La prueba de significancia no mostró evidencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

El modelo de regresión lineal simple (Montgomery et al., 2012) sugiere, de manera exploratoria, un crecimiento moderado de la matrícula; sin embargo, su reducida capacidad explicativa y la falta de significancia estadística exigen cautela al interpretar esta tendencia. En conjunto, el análisis descriptivo evidencia que la matrícula institucional presenta un comportamiento cíclico con una tendencia general creciente. La aplicación de modelos cuantitativos permite no solo describir el comportamiento histórico, sino también anticipar escenarios futuros y fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia.

Resultados

A partir de la metodología descrita y del análisis de los datos institucionales correspondientes al periodo referido, se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1 Tendencias en el comportamiento de la matrícula

El análisis evidencia un comportamiento cíclico de la matrícula institucional, caracterizado por incrementos en los periodos agosto-diciembre y contracciones en los ciclos enero-junio. Asimismo, se identifica una tendencia general de crecimiento moderado durante el periodo analizado: la matrícula pasó de aproximadamente 6,429 estudiantes en 2023 a más de 6,600 en periodos recientes.

Las variaciones intersemestrales muestran fluctuaciones controladas, con incrementos de hasta 9.65 % en periodos de expansión y disminuciones de hasta 9.20 % en periodos de ajuste, lo que refleja una dinámica institucional estable y con capacidad de adaptación.

En cuanto a la tendencia, la regresión lineal mostró una pendiente positiva, lo que indicó un crecimiento general durante los siete periodos estudiados. No obstante, el modelo se interpretó de manera exploratoria, dado que solo se dispuso de siete periodos para el análisis.

3.2 Implicaciones para la toma de decisiones estratégicas

El análisis de la matrícula permite evidenciar que la institución utiliza este indicador como un instrumento de gestión estratégica de la oferta educativa. Los resultados muestran que:

- La toma de decisiones se sustenta en evidencia cuantitativa, evitando respuestas reactivas ante disminuciones temporales de matrícula.
- Se privilegia un enfoque de prueba–evaluación–consolidación en la gestión de programas académicos.
- Se consolida una lógica de gestión adaptativa, acorde con las dinámicas de la educación superior tecnológica.

3.3 Dimensionamiento del tamaño institucional

Los datos analizados permiten definir de manera objetiva el tamaño institucional y proporcionan una base sólida para planear la infraestructura, asignar la carga académica y gestionar los recursos humanos y financieros. La estabilidad relativa de la matrícula favorece la planeación a mediano plazo.

3.4 Análisis por carrera y programas académicos estratégicos

El análisis desagregado de la matrícula por programa académico permite identificar patrones diferenciados de demanda y niveles de concentración estudiantil dentro de la institución.

Se observa una alta concentración de la matrícula en un conjunto reducido de programas, particularmente en las áreas de ingeniería, entre las que destacan Ingeniería Industrial, Ingeniería en Sistemas Computacionales y Mecatrónica, además de programas del área administrativa, como la Licenciatura en Administración. Estos programas presentan una matrícula sostenida o creciente a lo largo del periodo analizado, lo que los posiciona como estratégicos para el desarrollo institucional. Ingeniería Industrial concentra el mayor volumen de estudiantes, lo que refleja su alta pertinencia en sectores productivos vinculados con la manufactura, la optimización de procesos y la logística industrial. Su crecimiento sostenido evidencia una fuerte demanda regional y su consolidación académica.

Ingeniería en Sistemas Computacionales presenta una matrícula elevada y consistente, asociada al incremento en la demanda de perfiles relacionados con tecnologías de la información, desarrollo de software y digitalización de procesos. Este programa se posiciona como un eje estratégico en el contexto de transformación digital.

Ingeniería Mecatrónica muestra un comportamiento dinámico, con una alta captación de estudiantes, vinculado a áreas como la automatización, la robótica y los sistemas inteligentes. Su relevancia se relaciona directamente con la evolución de la Industria 4.0.

Por su parte, la Licenciatura en Administración mantiene una matrícula significativa y estable, lo que indica una demanda constante en áreas de gestión, dirección organizacional y servicios, consolidándose como un programa clave dentro del área económico-administrativa.

En una segunda categoría, se identifican programas con comportamiento estable, como Contador Público, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Electromecánica. Estos programas presentan una matrícula constante a lo largo del periodo analizado, lo que refleja una demanda consolidada, aunque sin crecimiento acelerado. Su permanencia responde a necesidades tradicionales del mercado laboral y a su trayectoria institucional.

Asimismo, emergen programas con crecimiento progresivo, como Ingeniería en Logística e Ingeniería en Ciberseguridad. Aunque tienen un menor volumen de matrícula, muestran una tendencia positiva, lo que sugiere su alineación con nuevas demandas del entorno productivo y su potencial como áreas estratégicas de expansión. En contraste, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones se identifica como un programa crítico, por lo que se sugiere revisar su continuidad o posible liquidación.

En contraste, algunos programas presentan una matrícula reducida o comportamiento decreciente, lo que constituye un indicador de alerta en términos de pertinencia y competitividad. Estos programas requieren procesos de evaluación más profundos para determinar su viabilidad, rediseño curricular o eventual reestructuración.

A partir de este análisis, los programas académicos pueden clasificarse en:

- Programas estratégicos: alta matrícula y crecimiento sostenido (Ingeniería Industrial, como se observa en los gráficos 3.1 y 3.2; Sistemas Computacionales; Mecatrónica, y Administración).

Gráfico 3.1. Ejemplo de un programa estratégico: comparación de la matrícula de nuevo ingreso por semestre del programa educativo de Ingeniería Industrial.



Gráfico 3.2. Ejemplo de un programa estratégico: comparación de la matrícula total por semestre del programa educativo de Ingeniería Industrial.



- Programas consolidados: demanda estable (Contador Público, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Electromecánica). En los gráficos 3.3 y 3.4 se comparan la matrícula de nuevo ingreso y la matrícula total por semestre del programa educativo de Contador Público.

Gráfico 3.3. Ejemplo de un programa consolidado: comparación de la matrícula de nuevo ingreso por semestre del programa educativo de Contador Público.



Gráfico 3.4. Ejemplo de un programa consolidado: comparación de la matrícula total por semestre del programa educativo de Contador Público.

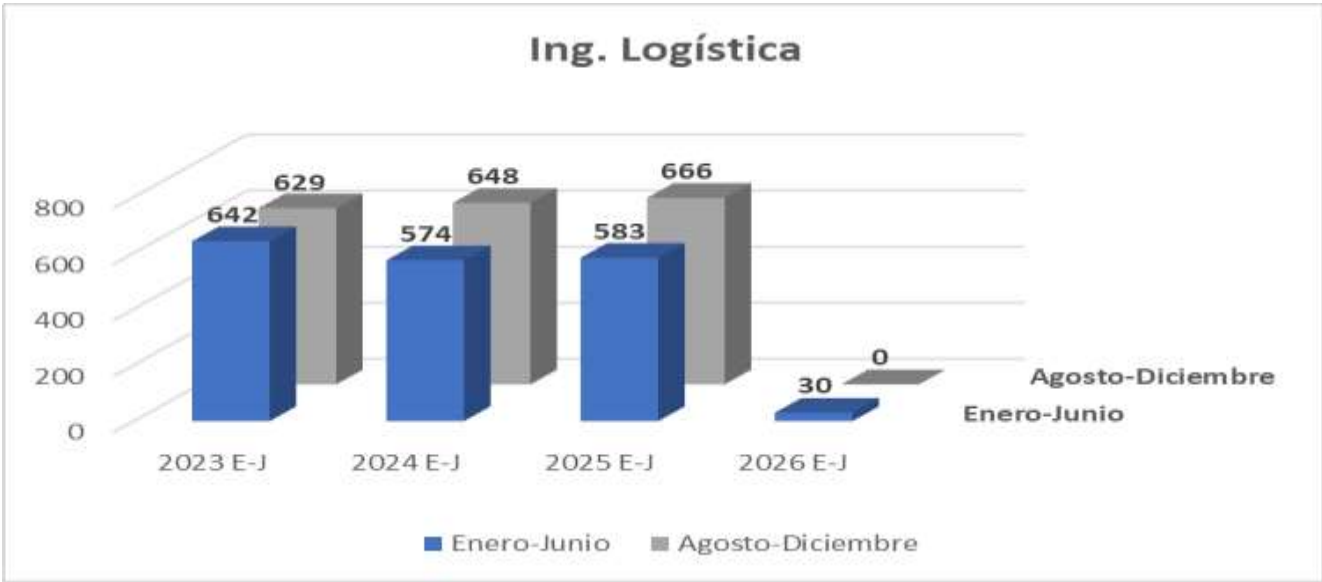


- Programas emergentes: crecimiento reciente (Ingeniería en Logística e Ingeniería en Ciberseguridad). Los gráficos 3.5 y 3.6 muestran la comparación correspondiente al programa educativo de Ingeniería en Logística.

Gráfico 3.5. Ejemplo de un programa emergente: comparación de la matrícula de nuevo ingreso por semestre del programa educativo de Ingeniería en Logística.



Gráfico 3.6. Ejemplo de un programa emergente: comparación de la matrícula total por semestre del programa educativo de Ingeniería en Logística.



- Programas críticos: baja matrícula o tendencia decreciente (Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones), como se observa en los gráficos 3.7 y 3.8, que muestran el comportamiento de la matrícula en los distintos semestres.

Gráfico 3.7. Ejemplo de un programa crítico: comparación de la matrícula de nuevo ingreso por semestre del programa educativo de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones.



Gráfico 3.8. Ejemplo de un programa crítico: comparación de la matrícula total por semestre del programa educativo de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones.



Esta clasificación permite orientar decisiones institucionales relacionadas con la asignación de recursos, el fortalecimiento de programas prioritarios y la reconfiguración de la oferta educativa.

3.5 Identificación de programas con baja demanda

De manera paralela, el análisis permitió identificar programas académicos con matrícula reducida o comportamiento decreciente a lo largo de los periodos referidos. Esto constituye un indicador temprano de posibles problemas de pertinencia, posicionamiento o competitividad en el entorno educativo y productivo.

Entre estos programas se encuentran principalmente aquellos con grupos reducidos y baja captación de nuevo ingreso, particularmente en algunas áreas tradicionales de ingeniería y en programas con menor visibilidad o especialización limitada. En estos casos, la matrícula tiende a mantenerse por debajo de los niveles institucionales promedio, con escasa variación positiva entre periodos.

Por ejemplo, algunos programas del área eléctrica y electrónica presentan una matrícula baja en comparación con otras ingenierías, lo que podría estar asociado a una menor demanda relativa frente a carreras vinculadas a tecnologías digitales o automatización. Asimismo, ciertas modalidades o trayectorias académicas específicas dentro de programas más amplios muestran baja ocupación, lo que sugiere la necesidad de revisar su estructura o pertinencia.

Adicionalmente, se identifican programas con comportamiento irregular, caracterizado por fluctuaciones significativas o disminuciones sostenidas en algunos periodos, lo que puede reflejar problemas de atracción, retención o percepción de valor por parte de los estudiantes.

Este comportamiento contrasta con el crecimiento observado en los programas estratégicos y emergentes, lo que evidencia una reconfiguración de la demanda educativa hacia áreas con mayor vinculación tecnológica y proyección laboral.

La identificación de estos programas permite generar evidencia objetiva para sustentar procesos de evaluación institucional, rediseño curricular y análisis de pertinencia. En este sentido, la baja demanda no debe interpretarse únicamente como una debilidad, sino como una oportunidad para replantear la oferta educativa, fortalecer su vinculación con el entorno o, en su caso, considerar su reestructuración o eventual liquidación.

De esta manera, el análisis de matrícula se consolida como una herramienta clave para la optimización de la oferta educativa, permitiendo orientar decisiones estratégicas hacia programas con mayor impacto académico, social y económico.

3.6 Fortalecimiento de la toma de decisiones basada en evidencia

Los resultados confirman que el análisis sistemático de la matrícula reduce la incertidumbre en los procesos de planeación institucional, al sustituir criterios subjetivos por evidencia empírica. Esto fortalece la calidad de las decisiones estratégicas y mejora la eficiencia en la asignación de recursos (Brynjolfsson & McElheran, 2016).

3.7 Consolidación de una cultura organizacional basada en datos

Finalmente, el uso sistemático de la información de matrícula contribuye a la consolidación de una cultura organizacional orientada al análisis de datos, la mejora continua y la rendición de cuentas.

Este enfoque posiciona a la institución en un modelo de gestión basado en evidencia, alineado con las tendencias contemporáneas de la educación superior.

Discusión

El análisis del comportamiento de la matrícula institucional confirma que los datos constituyen un insumo estratégico fundamental para la toma de decisiones en la educación superior tecnológica. Los resultados obtenidos evidencian que la matrícula no solo refleja el tamaño institucional, sino que permite identificar patrones estructurales, como el comportamiento cíclico observado entre periodos lectivos y una tendencia general de crecimiento moderado.

En particular, las variaciones intersemestrales —con incrementos de hasta 9.65 % en periodos de ingreso y disminuciones de hasta 9.20 % en ciclos intermedios— ponen de manifiesto que la dinámica de la matrícula responde tanto a factores internos, como la captación y retención de estudiantes, como a condiciones externas relacionadas con el contexto económico, social y productivo de la región. En este sentido, la matrícula se configura como un indicador sensible a las transformaciones del entorno.

Uno de los principales aportes del análisis radica en la posibilidad de diferenciar entre decisiones operativas y decisiones estratégicas. Mientras que las fluctuaciones de corto plazo podrían interpretarse como variaciones normales del sistema, la tendencia general identificada mediante el análisis longitudinal y el modelo de regresión lineal sugiere un crecimiento sostenido, lo que permite orientar decisiones de mediano y largo plazo con mayor certidumbre.

Asimismo, el análisis por programa académico revela una concentración significativa de la matrícula en áreas estratégicas, particularmente en Ingeniería Industrial, Sistemas Computacionales y Mecatrónica, lo que evidencia procesos de especialización institucional alineados con las demandas del entorno productivo. En contraste, la identificación de programas con baja demanda o comportamiento decreciente refuerza la necesidad de evaluar continuamente la pertinencia de la oferta educativa.

En este contexto, la liquidación o reestructuración de programas académicos, cuando se fundamenta en datos objetivos, no debe interpretarse como un retroceso institucional, sino como una estrategia de optimización y focalización de recursos. De manera complementaria, la apertura de nuevos programas requiere no solo identificar áreas emergentes de conocimiento, sino validar su viabilidad mediante evidencia empírica derivada del comportamiento de la matrícula.

No obstante, los resultados también evidencian limitaciones inherentes al análisis de la matrícula cuando se utiliza de manera aislada. Si bien este indicador proporciona información valiosa sobre la demanda educativa, no permite por sí solo evaluar la calidad de los procesos formativos ni el impacto de los egresados en el entorno. Por ello, resulta necesario complementar el análisis con indicadores como la eficiencia terminal, las tasas de titulación, la inserción laboral y los estudios de pertinencia regional.

En síntesis, la matrícula se posiciona como un indicador estratégico que, al ser analizado de manera sistemática y complementado con herramientas estadísticas, permite transitar de una gestión reactiva

a una planeación institucional basada en evidencia, fortaleciendo la capacidad de adaptación y sostenibilidad de las instituciones de educación superior tecnológica.

Conclusiones

El presente capítulo demuestra que el tránsito de los datos a la decisión representa un cambio fundamental en la gestión de la educación superior tecnológica. El análisis sistemático de la matrícula institucional durante el periodo 2023–2026 permitió no solo dimensionar con mayor precisión el tamaño y crecimiento de la institución, sino también identificar patrones estructurales en su comportamiento, como la presencia de ciclos intersemestrales y una tendencia general de crecimiento moderado.

Los resultados evidencian que la matrícula presenta fluctuaciones controladas, con incrementos asociados a periodos de ingreso y disminuciones en ciclos intermedios, que alcanzan hasta 9.65 % en periodos de expansión y 9.20 % en periodos de ajuste. Asimismo, el modelo de regresión lineal muestra una pendiente positiva a largo plazo; sin embargo, debido a su reducida capacidad explicativa y a la falta de significancia estadística, esta tendencia debe interpretarse con cautela.

En términos estratégicos, el análisis por programa académico permitió identificar una concentración significativa de la matrícula en áreas clave como Ingeniería Industrial, Sistemas Computacionales y Mecatrónica, lo que refleja procesos de especialización institucional alineados con las demandas del entorno productivo. De manera complementaria, la identificación de programas con baja demanda proporciona evidencia para la evaluación, reestructuración o eventual reconfiguración de la oferta educativa.

Se concluye que las decisiones relacionadas con la apertura, continuidad o liquidación de programas académicos adquieren mayor legitimidad y efectividad cuando se sustentan en evidencia empírica. Este enfoque fortalece la pertinencia de la oferta educativa, optimiza la asignación de recursos y contribuye a la sostenibilidad institucional en el mediano y largo plazo.

Asimismo, el uso estratégico de los datos de matrícula impulsa la consolidación de una cultura organizacional orientada a la planeación basada en evidencia (Davenport, 2014), lo que favorece la transparencia, la rendición de cuentas y la mejora continua. La incorporación de herramientas analíticas, como el análisis longitudinal y los modelos de tendencia, permite reducir la incertidumbre y fortalecer la capacidad de anticipación institucional.

No obstante, se reconoce que la matrícula, aunque fundamental, no constituye un indicador suficiente por sí mismo para la toma de decisiones integrales, por lo que debe complementarse con variables relacionadas con el desempeño académico, la eficiencia terminal y la inserción laboral de los egresados.

En síntesis, avanzar de los datos a la decisión no solo implica una mejora técnica en el uso de la información, sino un cambio de paradigma en la conducción estratégica de las instituciones de educación superior tecnológica, donde los datos se convierten en el principal insumo para construir decisiones sólidas, pertinentes y socialmente responsables.

Futuras líneas de investigación

El análisis del comportamiento de la matrícula como insumo para la toma de decisiones estratégicas abre múltiples oportunidades de investigación que permiten profundizar, complementar y extender los hallazgos presentados en este capítulo. Los resultados obtenidos —particularmente la identificación de patrones cíclicos, tendencias de crecimiento moderado y concentración de la matrícula en programas estratégicos— evidencian la necesidad de avanzar hacia enfoques más integrales y predictivos en la gestión de la educación superior tecnológica.

A continuación, se proponen diversas líneas de investigación futuras relevantes:

6.1 Modelos predictivos de matrícula y planeación prospectiva

Una línea prioritaria consiste en el desarrollo de modelos predictivos más robustos que permitan anticipar escenarios de crecimiento, estabilidad o decrecimiento institucional. Si bien el presente estudio incorpora un modelo de regresión lineal simple, futuras investigaciones podrían integrar técnicas de series de tiempo, modelos multivariados y aprendizaje automático.

Esta línea permitiría responder preguntas como:

1. ¿Qué variables explican mejor las variaciones cíclicas de la matrícula?
2. ¿Cómo se pueden anticipar períodos de contracción o expansión con mayor precisión?

6.2 Integración de matrícula con indicadores de eficiencia académica

Otra línea relevante es el análisis conjunto de la matrícula con indicadores como la eficiencia terminal, la retención, la titulación y el abandono escolar. Los resultados de este capítulo muestran el volumen y la dinámica de la matrícula, pero no permiten evaluar la trayectoria completa del estudiante.

La integración de estos indicadores permitiría analizar no solo cuántos estudiantes ingresan, sino también cuántos concluyen sus estudios satisfactoriamente, lo que aportaría una visión más completa del desempeño institucional.

6.3 Relación entre pertinencia de programas y mercado laboral

Los hallazgos evidencian una concentración de la matrícula en programas estratégicos, particularmente en áreas de ingeniería y tecnologías de la información. Esto abre una línea de investigación orientada a analizar la correspondencia entre la demanda estudiantil y las necesidades del mercado laboral.

Se sugiere profundizar en estudios que integren:

- Inserción laboral de egresados
- Evolución de sectores productivos regionales
- Competencias emergentes demandadas por la industria

Esto permitiría validar si el crecimiento de ciertos programas responde efectivamente a condiciones externas de pertinencia.

6.4 Análisis de costo–efectividad de la oferta educativa

Una línea estratégica consiste en evaluar la relación entre la matrícula y el costo operativo de los programas académicos. Dado que el análisis identificó programas con alta concentración y otros con baja demanda, resulta pertinente examinar su eficiencia en términos de recursos. Este enfoque permitiría identificar programas con un alto impacto académico y social en relación con su costo, lo que contribuiría a una gestión más eficiente en contextos de restricción presupuestal.

6.5 Estudios comparativos interinstitucionales

El desarrollo de estudios comparativos entre instituciones de educación superior tecnológica permitiría identificar patrones comunes en el comportamiento de la matrícula, así como prácticas exitosas en la toma de decisiones basada en datos. Estos estudios podrían realizarse a nivel regional o nacional y favorecer la generación de indicadores comparativos (benchmarking).

6.6 Gobernanza institucional y toma de decisiones basada en datos

Otra línea emergente consiste en analizar los procesos de gobernanza institucional relacionados con el uso de datos en la toma de decisiones. A partir de los resultados obtenidos, se plantea la necesidad de investigar cómo los distintos actores institucionales interpretan y utilizan la información de matrícula.

Este enfoque permitiría identificar barreras organizacionales, capacidades analíticas y factores que facilitan o limitan la consolidación de una cultura basada en evidencia.

6.7 Impacto de modalidades educativas en el comportamiento de la matrícula

El comportamiento cíclico de la matrícula identificado en este estudio sugiere la necesidad de analizar el impacto de distintas modalidades educativas (escolarizada, mixta y a distancia) en la captación y retención de estudiantes. Comparar la evolución de estas modalidades permitiría evaluar su contribución a la estabilidad institucional y su potencial como estrategia de expansión.

6.8 Sistemas integrales de información para la toma de decisiones

Finalmente, se propone investigar el diseño e implementación de sistemas integrales de información que articulen datos de matrícula, indicadores académicos, financieros y de pertinencia. Esta línea permitiría avanzar hacia modelos de inteligencia institucional (business intelligence educativo), facilitando la generación de análisis en tiempo real y fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas basada en datos.

Disponibilidad de datos

7.1 Fuente de financiamiento

Los autores declaran que la presente investigación **no recibió financiamiento específico** de agencias del sector público, comercial o sin fines de lucro.

7.2 Conflicto de interés

Los autores declaran que **no existe conflicto de intereses** relacionado con la realización, desarrollo o publicación del presente capítulo.

Aprobación ética

No aplica. La investigación se desarrolló a partir del análisis de registros institucionales, sin la participación directa de seres humanos, animales o información personal identificable.

Referencias

- Bichsel, J. (2012). *Analytics in higher education: Benefits, barriers, progress, and recommendations*. EDUCAUSE Center for Applied Research.
- Brynjolfsson, E., & McElheran, K. (2016). The rapid adoption of data-driven decision-making. *American Economic Review*, 106(5), 133–139. <https://doi.org/10.1257/aer.p20161016>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Daniel, B. (2015). Big data and analytics in higher education: Opportunities and challenges. *British Journal of Educational Technology*, 46(5), 904–920. <https://doi.org/10.1111/bjet.12230>
- Davenport, T. H. (2014). *Big data at work: Dispelling the myths, uncovering the opportunities*. Harvard Business Review Press.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business School Press.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (5th ed.). Wiley.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business*. O'Reilly Media.

Contribución de autores

Actividad	Mara Salcido	Dennise Celada	Gabriela Alejandra Barrón Ortega	Viridiana Reyes Uribe	Norberto López Garza
Conceptualización	X		X	X	X
Metodología	X		X	X	X
Investigación	X		X	X	
Curación de datos	X		X		
Análisis formal	X		X	X	X
Redacción – borrador original	X				
Redacción – revisión y edición	X		X	X	X
Supervisión					X

El enfoque humanista y de justicia social en la educación media superior y superior en México: percepciones estudiantiles sobre pensamiento crítico y vinculación con el entorno

The humanist and social justice approach in upper secondary and higher education in Mexico: student perceptions of critical thinking and engagement with the community

Rosa Silvana Cera Gaytan

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
rosa.cg@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0004-2751-8595>

Ivana Elena Ibarra Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
ivana.ih01@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0001-9886-641>

Jorge Adolfo Pinto Santos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
jorge.ps@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9614-2764>

Jeovany Rafael Rodríguez Mejía

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
jeovany.rm@cdjuarez.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4154-0778>

Disciplina: Educación superior tecnológica

Resumen

La implementación de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) en la educación media superior plantea una reorientación conceptual y metodológica del proceso educativo, al promover una formación integral sustentada en los principios de inclusión, pensamiento crítico y vinculación con la comunidad, con el fin de favorecer una educación contextualizada y socialmente pertinente. Esta propuesta requiere de una articulación con la educación superior tecnológica, específicamente con el Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México (TecNM), cuyo fundamento se enmarca en el humanismo para la justicia social. El presente estudio tuvo como objetivo describir las percepciones de estudiantes de nivel medio superior y superior respecto a indicadores relacionados con el pensamiento crítico, el humanismo, la relación del aprendizaje con situaciones reales y la función social de la formación, dentro del marco de los principios promovidos por la NEM y el Modelo Educativo del TecNM. La investigación siguió un enfoque cuantitativo, no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo. La muestra estuvo conformada por 927 estudiantes, a quienes se les aplicó un cuestionario estructurado con escala tipo Likert. Los datos se analizaron mediante estadística

descriptiva, considerando además variables sociodemográficas y aspectos de la experiencia académica y formativa, entre ellos la participación en actividades de servicio social o vinculación. Los resultados mostraron una presencia relevante de respuestas favorables y neutrales, con variaciones entre los reactivos evaluados. Estas diferencias permitieron identificar las percepciones relacionadas con la contextualización en la adquisición de conocimientos, la interacción con la sociedad y la formación reflexiva, sin establecer relaciones causales ni generalizaciones más allá de la población participante.

Palabras clave: Nueva Escuela Mexicana, Tecnológico Nacional de México, pensamiento crítico, justicia social, educación tecnológica.

Abstract

The implementation of the *Nueva Escuela Mexicana* (NEM) in upper secondary education entails a conceptual and methodological reorientation of the educational process by promoting holistic development grounded in the principles of inclusion, critical thinking, and community engagement, with the aim of fostering education that is contextualized and socially relevant. This proposal requires alignment with technological higher education—specifically the Educational Model of the *Tecnológico Nacional de México* (TecNM)—which is founded on humanism for social justice. This study aimed to describe the perceptions held by upper secondary and higher education students regarding indicators such as critical thinking, humanism, the connection between learning and real-world situations, and the social function of their education, all within the framework of the principles promoted by the NEM and the TecNM Educational Model. The research employed a quantitative, non-experimental, cross-sectional, and descriptive approach. The sample consisted of 927 students who completed a structured questionnaire using a Likert-type scale. Data were analyzed using descriptive statistics, taking into account sociodemographic variables as well as aspects of academic and educational experience, including participation in social service or community engagement activities. The results revealed a significant prevalence of favorable and neutral responses, with variations observed across the specific items evaluated. These differences allowed for the identification of perceptions regarding contextualized knowledge acquisition, societal interaction, and reflective learning, without establishing causal relationships or generalizations beyond the participating population.

Keywords: New Mexican School, National Technological Institute of Mexico, critical thinking, social justice, technological education.

Introducción

Como parte de la implementación de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) en la educación media superior, el Sistema Educativo Nacional ha impulsado una restructuración orientada a una enseñanza más humana e inclusiva. Esta propuesta educativa tiene entre sus propósitos favorecer la formación de estudiantes que participen activamente en su comunidad, a través del fortalecimiento de valores como la justicia y el respeto. Desde este planteamiento, la NEM se configura como un proyecto de orientación crítica y colectiva que promueve la formación de personas autónomas, solidarias y conscientes de su responsabilidad en la construcción del futuro y la participación en sociedad (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2023).

Por otro lado, el Modelo Educativo Humanismo para la Justicia Social (MEHJS) del TecNM, desde su orientación centrada en el sujeto y en la generación de oportunidades, busca favorecer el desarrollo pleno de los universitarios a través de la conexión de la ciencia y la tecnología con la conciencia y el compromiso ciudadano, con la finalidad de formar profesionistas capaces de analizar y resolver problemas que contribuyan al desarrollo del país. Asimismo, esta propuesta institucional recupera la historia, la tradición y el compromiso del TecNM planteando su adaptación a escenarios socioproductivos contemporáneos (Tecnológico Nacional de México, 2024).

En este contexto, el sistema de bachillerato tecnológico y general constituye un espacio formativo relevante para el desarrollo de conocimientos, habilidades y capacidades que favorezcan la comprensión del entorno y la participación de los alumnos en su transformación.

En concordancia con estos planteamientos, actualmente la educación requiere procesos continuos de renovación pedagógica, particularmente en un panorama nacional en el que persisten condiciones de desigualdad que inciden en las oportunidades y los resultados educativos (Moreles, 2024). En este contexto, los trayectos postsecundarios desempeñan un papel fundamental en la preparación de individuos capaces de interpretar y cuestionar su realidad a través de aprendizajes construidos por la experiencia y el trabajo colaborativo. Atendiendo a estos desafíos, el paradigma del TecNM guarda correspondencia con los principios establecidos en la Ley General de Educación, entre los que destacan el desarrollo del pensamiento crítico, la solidaridad, el compromiso cívico y la vinculación entre la escuela y la comunidad (Ley General de Educación, 2019/2026), reconociendo que el proceso de enseñanza-aprendizaje debe mantenerse asociado con las necesidades y problemáticas del medio de desarrollo, además de promover la atención a necesidades específicas.

En este sentido, las estrategias de aprendizaje activo, como el Aprendizaje Basado en Proyectos o Problemas (ABP), los estudios de caso y la interacción grupal, constituyen elementos centrales para promover la participación del alumno en la construcción de su aprendizaje. De esta manera, el docente trasciende la simple acción de comunicar conocimientos para convertirse en un guía que promueve el diálogo, la reflexión y el pensamiento crítico, favoreciendo una formación más holística y significativa.

De acuerdo con el marco filosófico que sustenta la NEM, la educación se concibe como un medio para el desarrollo integral de las personas y la transformación social, orientado por valores como la dignidad humana, la honestidad, la responsabilidad ciudadana y el apoyo mutuo. En consonancia con estos planteamientos, la perspectiva pedagógica del TecNM asume al humanismo mexicano como fundamento filosófico de su modelo educativo, orientado hacia la formación de profesionales con conciencia, pensamiento crítico y sentido ético, desde los criterios de pertinencia, equidad y excelencia (Tecnológico Nacional de México, 2024). Al contrastar ambos referentes, se observan afinidades en torno a la función transformadora de la educación, el compromiso con el entorno y la construcción de una ciudadanía más participativa. Estas coincidencias permiten reconocer una conexión teórica entre la NEM, en el nivel medio superior, y la propuesta del TecNM, en el ámbito tecnológico superior, sin que ello implique equiparar sus alcances o características.

En concordancia con estos enfoques, el pensamiento crítico constituye una capacidad esencial en el sistema vigente, particularmente para el análisis y abordaje de conflictos multifactoriales. De igual

manera, su desarrollo se relaciona estrechamente con los referentes éticos y de inclusión, al favorecer procesos reflexivos sobre la existencia objetiva y la construcción de alternativas orientadas al bienestar. Desde esta óptica, Freire (2005) concibe el quehacer educativo como una práctica problematizadora dirigida a comprender el contexto y cuestiona la concepción bancaria, caracterizada por una relación vertical en la que el educador deposita conocimientos a los educandos. En contraposición, plantea una pedagogía dialógica basada en el intercambio, la construcción compartida de saberes y la acción transformadora.

Bajo esta misma línea, diversos especialistas han aportado elementos teóricos para delimitar el pensamiento crítico desde diferentes componentes. Ennis (1985) destaca la valoración de argumentos, la elaboración de inferencias y la toma razonada de decisiones, mientras que Facione (1990) distingue habilidades de interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación autorregulación, junto con disposiciones que favorecen su puesta en práctica. Por su parte, Lipman (2003) subraya la formulación de juicios sustentados en criterios, la autocorrección y la sensibilidad a distintos escenarios como rasgos de un razonamiento de orden superior. Estos aportes muestran congruencia con los reactivos orientados al análisis de problemáticas comunitarias, la promoción de la reflexión y el cuestionamiento dentro del aula sobre la relación entre lo aprendido y las situaciones reales. Los demás aspectos examinados se relacionan con la justicia social, la vinculación y la función social de la profesión, abordadas desde los referentes previamente expuestos.

En continuidad con estas ideas, se han identificado coincidencias en trabajos recientes dedicados al análisis de la NEM. Partida (2025) sitúa el pensamiento crítico como un componente que rebasa la reflexión individual y se proyecta hacia la acción mediante el diálogo, la colaboración y el reconocimiento de diversos saberes. Por su parte, desde la vertiente humanista, Martínez (2023) señala que la propuesta curricular procura superar una visión centrada exclusivamente en la adquisición de conocimientos para privilegiar el desarrollo integral, la dignidad humana y la responsabilidad colectiva. No obstante, este planteamiento puede contrastarse con las tensiones advertidas por Luna (2024), quien identifica imprecisiones en las bases epistemológicas presentes en los documentos normativos, particularmente en nociones relacionadas con las Epistemologías del Sur, entendidas como una perspectiva que reconoce y reivindica conocimientos y experiencias relegadas por las formas predominantes de producción del conocimiento. En conjunto, estas aportaciones permiten reconocer tanto las posibilidades como los desafíos conceptuales que acompañan la incorporación de postulados críticos, humanistas y comunitarios de la NEM.

En el terreno metodológico, Barrows (1986) presenta el ABP como una propuesta que presenta diversas formas de aplicación en función de su organización y de las finalidades previstas, con énfasis en la resolución de problemas y el aprendizaje autodirigido. Su carácter problematizador ofrece elementos afines a las propuestas de la NEM y del TecNM, especialmente por la importancia concedida en el abordaje de situaciones contextualizadas y la participación activa del estudiante. En el caso de la NEM, el análisis razonado de la información implica identificar, examinar y valorar fenómenos para plantear alternativas ante situaciones del entorno (SEMS, 2023). Por su parte, el referente institucional del TecNM señala la necesidad de cuestionar esquemas de pensamiento absoluto y generar rutas de innovación orientadas al cambio (TecNM, 2024). De este modo, esta estrategia constituye una alternativa congruente con la búsqueda de soluciones fundamentadas ante desafíos de carácter académico, profesional y comunitario.

Investigaciones recientes aportan evidencia que amplía esta relación. Como muestra de ello, al examinar el ABP en estudiantes de bachillerato, Pazos y Aguilar (2024) señala su potencial para favorecer habilidades asociadas con el análisis, la inferencia y la toma de decisiones, así como una mayor autonomía frente a situaciones que demandan soluciones fundamentadas. No obstante, identifican que sus resultados también advierten obstáculos para su implementación, entre los que destacan, las limitaciones de tiempo, el conocimiento insuficiente de la metodología y la permanencia de prácticas tradicionales. De manera complementaria, Chancusig y Granja (2023) destacan recursos como la pedagogía de la pregunta, la argumentación y la retroalimentación formativa para estimular capacidades analíticas y reflexivas. Estos hallazgos sugieren que la incorporación de metodologías activas requiere no solo la diversificación de las experiencias en el aula, sino también el fortalecimiento de las condiciones que permitan al profesorado utilizarlas con pertinencia.

Las consideraciones previamente desarrolladas orientaron el interés de esta investigación cuyo objetivo fue analizar las percepciones de 927 estudiantes de educación media superior y superior respecto al pensamiento crítico, el enfoque humanista, la justicia social y la vinculación con el entorno, con el propósito de identificar tendencias asociadas con estos ámbitos en el marco de los referentes educativos abordados.

Metodología

La investigación siguió un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental, de corte transversal y alcance descriptivo. La población considerada estuvo conformada por estudiantes de sexto semestre de instituciones públicas de educación media superior y de primer semestre de educación superior. Participaron 927 estudiantes procedentes principalmente del Colegio de Bachilleres del Estado de Chihuahua (COBACH), Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua (CECyTECH), Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTIS), Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) e Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ). La selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia; por tanto, los resultados se circunscriben a los participantes y no permiten realizar generalizaciones estadísticas al conjunto del alumnado de las instituciones referidas ni a otras poblaciones educativas.

La recolección de datos se llevó a cabo del 24 al 27 de marzo de 2026 mediante un formulario de Google Forms administrado en línea. Las instituciones de educación media superior fueron consideradas a partir de la vinculación académica establecida previamente con el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ). El enlace fue remitido a directivos y responsables de vinculación para su difusión entre el alumnado. En el ITCJ, la Coordinación de Tutorías solicitó la colaboración de los tutores para hacerlo llegar a la población correspondiente. Como criterios de inclusión se contemplaron la adscripción a alguno de los centros señalados, el semestre definido para cada nivel y el envío completo de las respuestas. No se aplicaron condiciones adicionales de exclusión. La participación fue voluntaria y anónima, dado que no se solicitaron nombres ni direcciones de correo electrónico. Previamente, se comunicaron el propósito de la encuesta y el uso exclusivamente académico y de investigación de los datos recabados.

Para la recolección de información se diseñó un cuestionario ad hoc compuesto por siete reactivos valorados mediante una escala Likert de cinco categorías, desde 1 = Totalmente en desacuerdo hasta 5 = Totalmente de acuerdo. Debido a que el instrumento integra un número reducido de reactivos asociados con distintos contenidos conceptuales, en el presente estudio los resultados se interpretan a nivel de cada reactivo como indicadores descriptivos de percepción, y no como puntuaciones correspondientes a escalas psicométricas independientes. De manera complementaria, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach para el conjunto de los siete ítems, obteniéndose un valor de $\alpha = .88$. Este resultado se interpreta únicamente como una estimación de consistencia interna global y no como evidencia de unidimensionalidad o validación de las dimensiones teóricas planteadas. En la Tabla 1 se relacionan los ejes de referencia, con los indicadores descriptivos y los reactivos de la encuesta diseñada.

Tabla 1. Relación de ejes de referencia con indicadores y reactivos de encuesta

Eje de referencia	Indicador observado	Reactivo
Pensamiento crítico	Análisis de problemas sociales	1. Analizo críticamente los problemas sociales de mi comunidad
Prácticas formativas reflexivas	Reflexión y cuestionamiento en las clases	2. Mis clases promueven la reflexión y el cuestionamiento
Justicia social	Valoración de la función social de la educación	3. La educación debe contribuir a la justicia social
Vinculación aprendizaje-entorno	Contextualización de los aprendizajes	4. Relaciono lo aprendido con situaciones reales
Función social de la profesión	Contribución de la ingeniería al entorno y al país	5. La práctica profesional del ingeniero hoy en día, resuelve problemas de carácter nacional o del entorno
Vinculación social	Percepción del impacto del servicio social	6. El servicio social hoy en día, tiene un impacto positivo en la sociedad y comunidad
Función social institucional	Percepción de la contribución social de las instituciones públicas	7. En la actualidad la sociedad es retribuida por los entes públicos de educación media superior y superior

El análisis estadístico fue exclusivamente descriptivo. Para cada reactivo se obtuvieron frecuencias absolutas y relativas correspondientes a las cinco categorías de respuesta, así como mediana, moda y rango intercuartílico. Como medidas complementarias se reportaron media y desviación estándar. Para facilitar la interpretación global, las categorías 1 y 2 se agruparon descriptivamente como valoración desfavorable; la 3, como neutral; y las 4 y 5, como valoración favorable. Asimismo, se elaboraron tablas descriptivas de las variables sociodemográficas y distribuciones de respuestas según grupos, sin realizar pruebas de hipótesis ni inferencias sobre significancia estadística o causalidad.

Resultados

Análisis descriptivo general

El análisis descriptivo de los siete reactivos permitió examinar la distribución de las respuestas obtenidas. En términos generales, las medias oscilaron entre 3.27 y 3.62, mientras que la mediana se situó entre 3.00 y 4.00. La moda fue de 4.00 en seis de los siete ítems y 3.00 en el restante. La desviación estándar presentó valores entre 0.98 y 1.14. La Tabla 2 presenta las medidas de tendencia central y dispersión correspondientes a cada reactivo.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de los siete reactivos

Estadística Descriptiva	1. Analizo críticamente los problemas sociales de mi comunidad.	2. Mis clases promueven la reflexión y el cuestionamiento.	3. La educación debe contribuir a la justicia social.	4. Relaciono lo aprendido con situaciones reales.	5. La práctica profesional del ingeniero en la actualidad contribuye a la solución de problemas del entorno y del país.	6. El servicio social tiene actualmente un impacto positivo en la sociedad y en la comunidad.	7. En la actualidad, las instituciones públicas de educación media superior y superior retribuyen a la sociedad mediante su labor formativa y social.
Media	3.31	3.48	3.62	3.60	3.46	3.27	3.43
Mediana	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
Moda	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Desviación Estándar	1.07	1.03	1.14	1.08	1.04	1.07	0.98
Varianza	1.14	1.05	1.30	1.18	1.08	1.14	0.97

Las medidas de tendencia central y dispersión permitieron caracterizar la distribución de las respuestas obtenidas en cada reactivo. De manera complementaria, las frecuencias y los porcentajes facilitaron la identificación de la concentración de las valoraciones en las categorías desfavorable, neutral y favorable. La Tabla 3 presenta estos resultados de forma agrupada.

Tabla 3. Análisis descriptivo agrupado de los ítems de la encuesta aplicada

Ítem	Favorable 4–5 n (%)	Neutral 3 n (%)	Desfavorable 1–2 n (%)	RI	Mediana
1. Análisis de problemas sociales de la comunidad	432 (46.6 %)	352 (38.0 %)	143 (15.4 %)	1	3
2. Clases promueven reflexión y cuestionamiento	556 (60.0 %)	233 (25.1 %)	138 (14.9 %)	1	4
3. Educación debe contribuir a la justicia social	621 (67.0 %)	167 (18.0 %)	139 (15.0 %)	1	4
4. Relación de lo aprendido con situaciones reales	602 (64.9 %)	197 (21.3 %)	128 (13.8 %)	1	4
5. Función social de la ingeniería	504 (54.4 %)	294 (31.7 %)	129 (13.9 %)	1	4
6. Impacto social del servicio social	445 (48.0 %)	299 (32.3 %)	183 (19.7 %)	1	3
7. Retribución social de las instituciones públicas	512 (55.2 %)	289 (31.2 %)	126 (13.6 %)	1	4

Análisis de tendencia central

En términos generales, las medidas de tendencia central mostraron valores ubicados entre las categorías neutral y de acuerdo de la escala. Cinco de los siete reactivos (2, 3, 4, 5 y 7) presentaron una mediana de 4.00; en estos mismos casos, la moda también fue de 4.00, correspondiente a la opción “De acuerdo”. Las medias de dichos ítems oscilaron entre 3.43 y 3.62. Por su parte, los ítems 1 y 6 registraron una mediana de 3.00, equivalente a la categoría “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, con medias de 3.31 y 3.27, respectivamente. En el reactivo 1, la moda fue de 3.00, mientras que en el 6 alcanzó 4.00. Estas medidas describen la posición central de las respuestas y se complementan con las frecuencias y los porcentajes obtenidos en cada categoría.

Análisis de dispersión

Las desviaciones estándar de los siete reactivos oscilaron entre 0.98 y 1.14, lo que evidencia variabilidad en las respuestas de la población participante. Debido al carácter ordinal de las opciones de respuesta, esta información se interpreta de manera complementaria con las medianas, las modas y, principalmente, con las frecuencias y porcentajes registrados en cada categoría. No se realizaron pruebas de hipótesis, análisis correlacionales ni comparaciones inferenciales entre grupos, debido a que el alcance del estudio fue exclusivamente descriptivo.

Los principales comportamientos observados se describen a continuación;

- El 47 % de los participantes expresó una valoración favorable respecto al análisis crítico de los problemas sociales de su comunidad, mientras que el 38 % se ubicó en la categoría neutral y el 15% en una valoración desfavorable (Figura 1).

Figura 1. Distribución de respuestas sobre el análisis crítico de problemas sociales de la comunidad



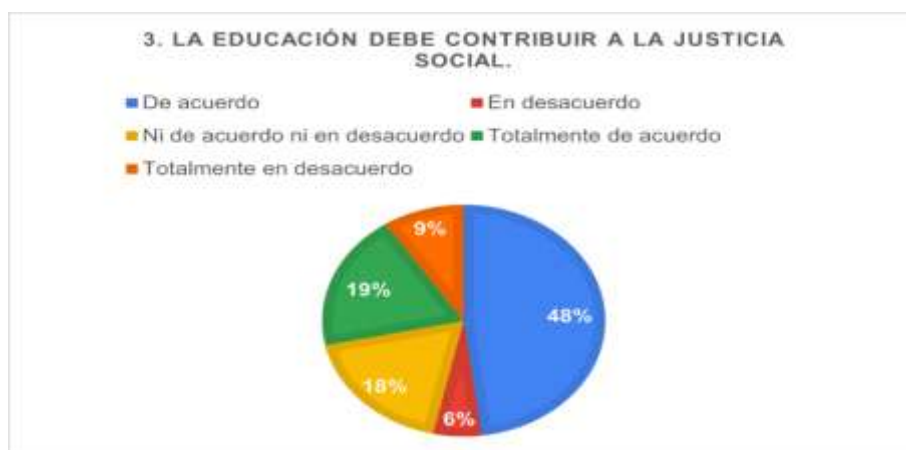
- El 50% de los participantes se ubicó en la categoría “De acuerdo” respecto a que sus clases promueven la reflexión y el cuestionamiento, mientras que el 25 % seleccionó la opción “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”. Las respuestas restantes se distribuyeron entre las demás categorías de la escala (Figura 2).

Figura 2. Distribución de respuestas sobre la promoción de la reflexión y el cuestionamiento en las clases



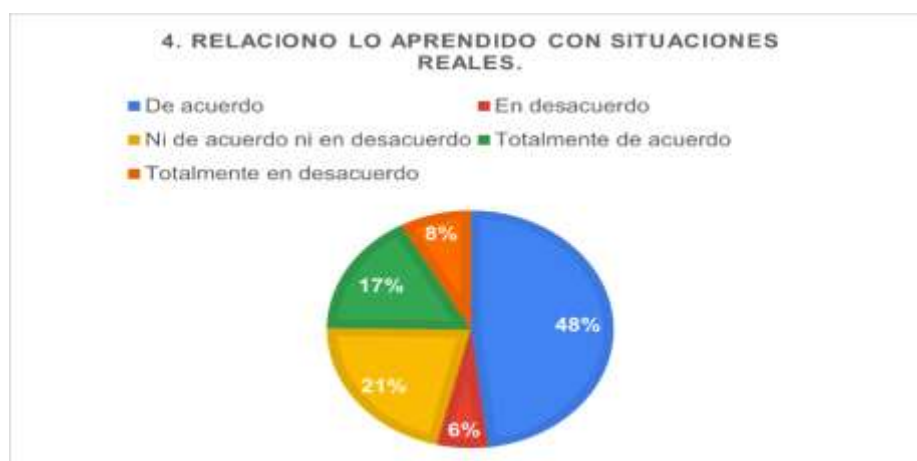
- El 48 % de los participantes se ubicó en la categoría “De acuerdo” respecto a la afirmación de que la educación debe contribuir a la justicia social, mientras que el 18 % seleccionó la opción “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” (Figura 3).

Figura 3. Distribución de respuestas sobre la contribución de la educación a la justicia social



- En cuanto a la relación entre los aprendizajes adquiridos y situaciones reales, el 48 % de los participantes seleccionó la opción “De acuerdo”, mientras que el 21% manifestó una postura neutral (Figura 4).

Figura 4. Distribución de respuestas sobre la relación de los aprendizajes con situaciones reales



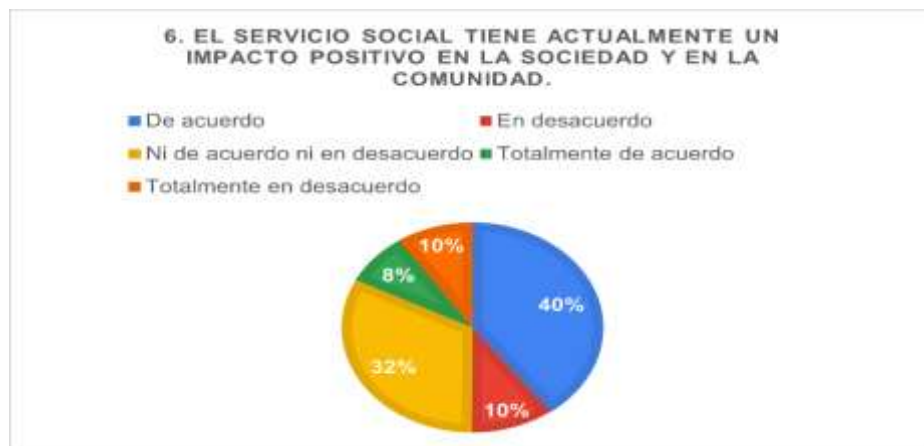
- Respecto a la función social de la profesión, el 41 % del alumnado seleccionó la opción “De acuerdo” ante la afirmación de que la práctica de la ingeniería contribuye a la solución de problemas del entorno y del país; por su parte el 32% se mantuvo en una posición neutral (Figura 5).

Figura 5. Distribución de respuestas sobre la contribución social de la práctica profesional de la ingeniería al entorno y al país



- En lo referente al impacto del servicio social, el 48% de los estudiantes registró una valoración favorable al integrar las categorías “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”; en contraste, el 32% se ubicó en una posición neutral y el 20% en una valoración desfavorable (Figura 6).

Figura 6. Distribución de respuestas sobre el impacto social del servicio social en la sociedad y la comunidad



- En torno a la contribución social de las instituciones públicas de educación media superior y superior, el 47% de los participantes eligió la opción “De acuerdo”, mientras que el 31% adoptó una posición neutral (Figura 7).

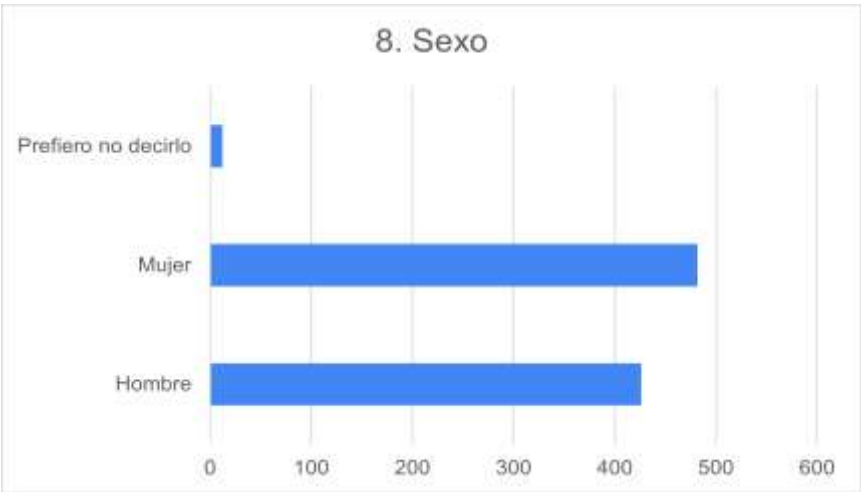
Figura 7. Distribución de respuestas sobre la contribución social de las instituciones públicas de educación media superior y superior



En conjunto, los siete reactivos mostraron diferencias en la distribución de las respuestas según los aspectos examinados. Las categorías favorable y neutral concentraron proporciones relevantes, cuya magnitud varió entre las afirmaciones planteadas. Estos hallazgos permiten caracterizar las percepciones de los participantes sin atribuir efectos a los referentes educativos considerados.

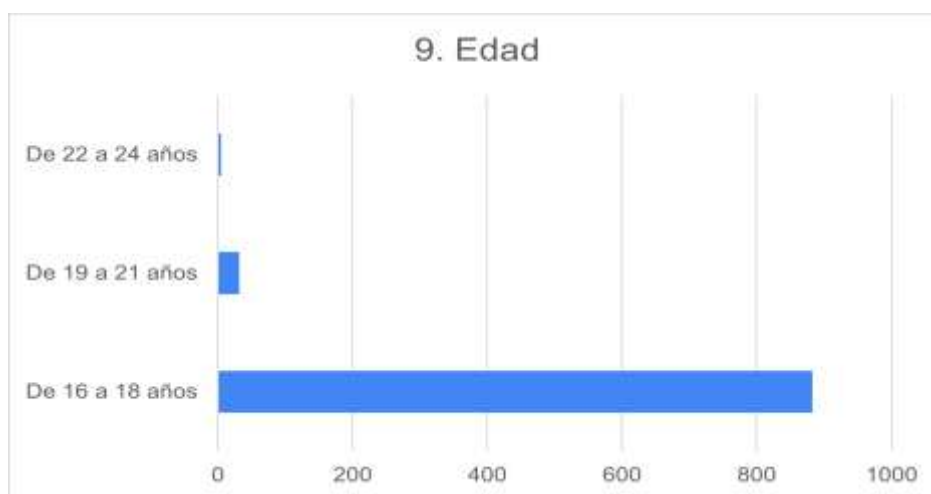
En relación con el sexo reportado, 487 participantes (52.5%) fueron mujeres, 426 (46.0%) hombres y 14 (1.5%) seleccionaron la opción “Prefiero no decirlo” (Figura 8).

Figura 8. Distribución de participantes por sexo



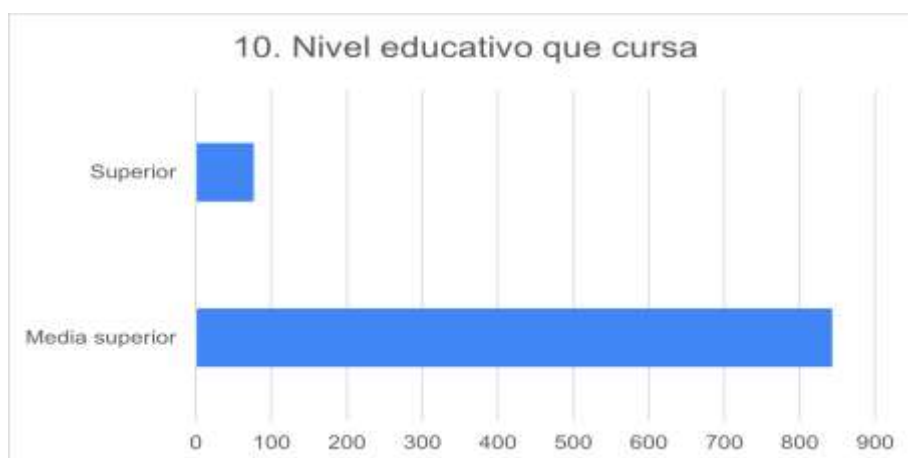
En cuanto a la edad, 883 participantes (95.3%) se ubicaron entre los 16 y 18 años; 32 (3.5%), entre 19 y 21; 7 (0.8%), entre 22 y 24; y 5 (0.5%), en el grupo de 25 años o más (Figura 9).

Figura 9. Distribución de participantes por grupo de edad



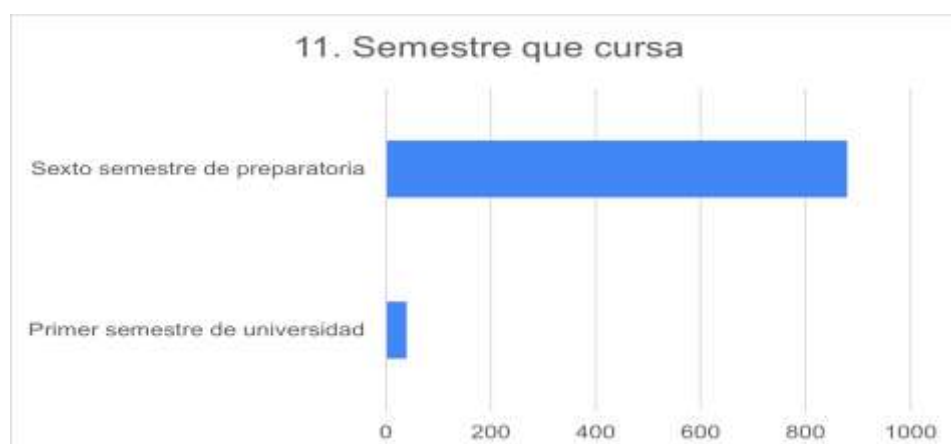
Según el nivel educativo, 847 participantes (91.4%) pertenecían a educación media superior y 80 (8.6%) a educación superior (Figura 10).

Figura 10. Distribución de participantes por nivel educativo



Respecto al semestre declarado, 882 participantes (95.1%) señalaron cursar el sexto semestre de preparatoria y 45 (4.9%) primer semestre de universidad (Figura 11).

Figura 11. Distribución de participantes por semestre cursado



Finalmente, en lo referente a las actividades de servicio social o vinculación, 748 participantes (80.7%) respondieron afirmativamente y 179 (19.3%) indicaron no haber participado (Figura 12). En la Tabla 4 se presenta la caracterización descriptiva de la población participante a partir de las variables incluidas en la encuesta.

Figura 12. Participación en servicio social o actividades de vinculación



Tabla 4. Características sociodemográficas y académicas de la población participante

Variable	Categoría	n	%
Sexo autorreportado	Mujer	487	52.5
	Hombre	426	46.0
	Prefiero no decirlo	14	1.5
Edad	16–18 años	883	95.3
	19–21 años	32	3.5
	22–24 años	7	0.8
	25 años o más	5	0.5
Nivel educativo	Media superior	847	91.4

	Superior	80	8.6
Semestre declarado	Sexto semestre de preparatoria	882	95.1
	Primer semestre de universidad	45	4.9
Participación en servicio social o vinculación	Sí	748	80.7
	No	179	19.3

Limitaciones

Los resultados deben interpretarse a la luz de diversas limitaciones. En primer lugar, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, circunstancia que restringió la generalización estadística de los resultados al conjunto del estudiantado de educación media superior y superior. Por otro lado, la muestra se concentró principalmente en el grupo de personas de 16 a 18 años, así como en educación media superior, de modo que los datos globales representaron, en mayor medida, las respuestas de este sector. Aunado a esto, la información fue obtenida mediante autorreporte, razón por la que los resultados pueden estar sujetos a sesgos de percepción y deseabilidad social. Otra limitación deriva del carácter transversal del diseño, el cual permitió describir valoraciones en un momento específico, pero no determinar cambios temporales, relaciones causales ni efectos atribuibles a los modelos educativos. Finalmente, el cuestionario fue construido ad hoc y estuvo conformado por un número reducido de reactivos; por consiguiente, los datos obtenidos constituyeron indicadores sobre los aspectos examinados y no mediciones exhaustivas de constructos complejos como el pensamiento crítico, el humanismo o la justicia social.

Discusión e interpretación de resultados

Los resultados obtenidos muestran que las percepciones del estudiantado en los aspectos examinados no fueron homogéneas, pues si bien varios reactivos concentraron respuestas en las categorías favorables, también se observa que en algunas ocasiones se registraron proporciones neutrales que variaron según la afirmación planteada. Esta variabilidad de respuestas adquiere relevancia al contrastarlo con Partida (2025), quien sitúa el pensamiento crítico en la NEM como un proceso que no se limita a la reflexión, sino que incorpora el diálogo, la colaboración y la posibilidad de actuar frente a situaciones del contexto. Los resultados obtenidos muestran En el estudio se identificó una mayor aceptación de aspectos relacionados con el análisis de problemas sociales, la reflexión en las clases y la vinculación de los aprendizajes con situaciones reales, lo que coincide con algunos planteamientos señalados por el autor. Sin embargo, por el carácter descriptivo y transversal, no fue posible afirmar que estas percepciones se deban a la implementación de la NEM.

Por su parte, los reactivos vinculados con la justicia social, la función de la profesión y la contribución de las instituciones educativas permitieron ampliar esta lectura desde el referente del TecNM, en el que su modelo educativo plantea el humanismo como fundamento de una formación que articula pertinencia, responsabilidad y articulación con el entorno (TecNM, 2024). Las respuestas obtenidas guardan correspondencia con estos principios en el plano perceptivo, particularmente en la valoración del papel social de la educación y del ejercicio profesional. No obstante, los datos no permiten

determinar en qué medida estas apreciaciones derivan del modelo institucional, por lo que su coincidencia debe entenderse como una aproximación y no como evidencia de sus efectos.

Otro aspecto de interés se encuentra en las respuestas relacionadas con el análisis de problemas sociales y la reflexión en el salón de clases. Ennis (1985) concibe el pensamiento crítico en términos de razonamiento reflexivo orientado a decidir qué creer o qué hacer, mientras que Facione (1990) contempla capacidades relacionadas con la comprensión, el examen crítico, la valoración y la formulación de conclusiones. Desde esta perspectiva, los resultados ofrecen indicios sobre la manera en que los estudiantes perciben determinadas prácticas y experiencias relacionadas con estos procesos; sin embargo, no constituyen una medición directa del desarrollo de tales habilidades. Esta distinción resulta necesaria, ya que el instrumento recogió percepciones y no evaluó el desempeño mediante tareas específicas del pensamiento crítico.

La contextualización del aprendizaje constituye otro punto relevante. El reactivo referido a la relación entre lo aprendido y las situaciones reales obtuvo una concentración importante de respuestas de acuerdo, acompañada de una proporción neutral. Esta tendencia puede interpretarse desde la perspectiva de Lipman (2003), quien considera la sensibilidad al contexto como uno de los rasgos del pensamiento de orden superior, lo que permite comprender mejor lo observado, pues las respuestas favorables no son suficientes para determinar un nivel específico de pensamiento crítico en el estudiantado. Los datos indican, más bien, que una parte de los alumnos relaciona lo aprendido con situaciones que se presentan en su realidad.

La relación con situaciones del entorno también encuentra un punto de comparación en la literatura sobre ABP. Barrows (1986) señaló que este enfoque puede adoptar distintas modalidades según los objetivos de aprendizaje y el grado de autonomía concedido al estudiante. Esta idea mantiene relación con trabajos más recientes que examinaron las posibilidades de dicha estrategia en otros escenarios educativos. En un estudio realizado con alumnos de bachillerato, Pazos y Aguilar (2024) identificaron aportaciones del ABP con el análisis, la inferencia, la toma de decisiones y la autonomía frente a problemas que requieren soluciones fundamentadas. En el presente estudio se observó la importancia de relacionar los aprendizajes con situaciones del entorno; pero no se puede concluir que el ABP haya producido las respuestas observadas, dado que no se compararon metodologías de enseñanza ni se evaluó su aplicación.

Las respuestas neutrales, presentes en distinta proporción a lo largo de los reactivos, requieren una interpretación prudente. Esta categoría puede responder a experiencias diversas, incertidumbre frente a la afirmación o ausencia de una postura definida; por sí solas, no constituyen evidencia de una deficiencia formativa. En este sentido, los resultados permiten identificar aspectos que ameritan una exploración más profunda, particularmente aquellos relacionados con el análisis de problemas comunitarios, el impacto del servicio social y la función de la profesión. Estudios posteriores, mediante aproximaciones cualitativas o diseños mixtos, podrían ayudar a comprender las razones que subyacen a estas opiniones.

Cabe destacar que, considerados en conjunto, los hallazgos muestran coincidencias entre algunas percepciones con los referentes críticos, humanistas y sociales examinados en el marco teórico. Estas correspondencias se observan principalmente en las respuestas relativas a la reflexión en las clases,

la justicia social y los aprendizajes relacionados con la realidad. Martínez (2023) destaca que la orientación de la NEM busca ampliar la formación más allá de la adquisición de conocimientos, incorporando la dignidad y la responsabilidad colectiva. Aun así, las coincidencias encontradas deben entenderse como asociaciones conceptuales derivadas de la interpretación descriptiva y no como relaciones estadísticas entre variables.

Desde otra vertiente, Chancusig y Granja (2023) destacan la pedagogía de la pregunta, la argumentación y la retroalimentación formativa entre los recursos que pueden estimular capacidades analíticas y reflexivas. Este planteamiento ofrece un referente para interpretar las respuestas relacionadas con la reflexión y el cuestionamiento en las clases, pero no autoriza a atribuir las a una estrategia específica, pues no se indagaron las metodologías empleadas por los docentes ni su frecuencia, de modo que establecer ese vínculo requeriría evidencia adicional.

La literatura revisada también advierte dificultades para trasladar estos planteamientos a la práctica educativa. Por ejemplo, Pazos y Aguilar (2024), identificaron limitaciones de tiempo, conocimiento insuficiente de la metodología y persistencia de prácticas tradicionales entre los obstáculos asociados con la implementación del ABP. Tales dificultades pertenecen al estudio citado, pero no fueron evaluadas; por ello, no pueden asumirse como explicación de las respuestas obtenidas. Su consideración resulta útil, en cambio, para señalar variables que podrían incorporarse en investigaciones posteriores.

En términos prácticos, lo obtenido respalda la conveniencia de continuar promoviendo experiencias que acerquen los contenidos académicos a situaciones del entorno y generen oportunidades para la reflexión fundamentada. En el ámbito docente, esto supone favorecer espacios de actualización sobre estrategias de enseñanza que estimulen el análisis y la contextualización, sin asumir que una metodología particular constituye por sí misma la solución. También sería pertinente fortalecer las vías de interacción y revisar cómo percibe el estudiantado la función social de su formación, especialmente en aquellos aspectos donde se registraron respuestas neutrales. Estas propuestas se plantean como implicaciones derivadas del análisis y no como efectos demostrados por la investigación.

El principal aporte del estudio radica en ofrecer una aproximación descriptiva a las percepciones de estudiantes de educación media superior y superior sobre aspectos vinculados con el pensamiento crítico, la justicia social, la contextualización del aprendizaje y la función social de la formación. Los hallazgos presentan puntos de convergencia con planteamientos de la NEM, el Modelo Educativo del TecNM y los trabajos especializados, aunque también muestran matices entre los distintos aspectos examinados. En este sentido, se aporta evidencia empírica que puede servir como referente para profundizar en el estudio de estos procesos y orientar futuras acciones educativas acordes con las características de lo analizado.

Conclusión

Esta investigación permitió caracterizar las percepciones de 927 estudiantes de educación media superior y superior respecto a indicadores relacionados con el pensamiento crítico, la justicia social, el aprendizaje en situaciones reales y la función social de la formación. Las tendencias

mostraron diferencias entre los reactivos examinados, con presencia de respuestas favorables y neutrales cuya proporción varió según el aspecto valorado. En este sentido, el estudio aporta evidencia descriptiva sobre la manera en que el estudiantado percibe estos referentes en su experiencia educativa, sin asumir que las respuestas obtenidas constituyan una medición directa de su desarrollo o de los efectos atribuibles a la NEM y al Modelo Educativo del TecNM.

En el reactivo referido al análisis crítico de los problemas sociales de la comunidad, el 47 % de las respuestas se concentró en la apreciación positiva, mientras que el 38 % correspondió a una posición intermedia y el 15 % a una desfavorable. Otros aspectos presentaron distribuciones particulares: en la promoción de la reflexión y el cuestionamiento en las clases, el 50 % eligió “De acuerdo” y el 25 % mantuvo un punto medio de la escala; ante la afirmación de que la educación debe contribuir a la justicia social, estos porcentajes fueron del 48 % y 18 %, respectivamente. Por su parte, en la relación entre los aprendizajes y situaciones reales, el 48 % seleccionó “De acuerdo” y el 21 % permaneció neutral. La lectura independiente de estos datos permite apreciar matices que se perderían si los reactivos se interpretaran como un único resultado.

En cuanto al impacto del servicio social, el 48 % de las respuestas correspondió a una valoración favorable, el 32 % se situó en la categoría media y el 20 % en desacuerdo. En el reactivo sobre la contribución social de las instituciones públicas de educación media superior y superior, el 47 % eligió “De acuerdo” y el 31 % permaneció neutral. La presencia de posiciones intermedias en estos y otros aspectos merece una interpretación prudente, ya que el instrumento no permite establecer las razones que llevaron a seleccionar dicha categoría ni considerarla, por sí misma, como falta de comprensión o deficiencia formativa.

A partir de la interpretación de los aspectos identificados, se propone considerar estrategias didácticas que propicien el análisis de situaciones reales, la argumentación y la contextualización de los contenidos. Entre las alternativas susceptibles de incorporarse se encuentra el ABP, cuyo empleo ha mostrado aportaciones al análisis, la inferencia y la toma de decisiones ante situaciones contextualizadas (Barrows, 1986; Pazos y Aguilar, 2024). También pueden explorarse el estudio de casos, el aprendizaje colaborativo y los proyectos vinculados con el entorno, siempre que su elección responda a los propósitos y características de cada contexto. Estas propuestas se derivan de la interpretación de los resultados y no constituyen intervenciones cuya eficacia haya sido evaluada en esta investigación.

Como implicación práctica, también podría considerarse la actualización docente en temas relacionados con el pensamiento crítico, la relación de los saberes con la realidad y el uso reflexivo de metodologías activas. En el ámbito institucional, las acciones de acompañamiento académico, como las tutorías pueden constituir recursos complementarios, pero su diseño debería sustentarse en diagnósticos específicos y no únicamente en las características sociodemográficas descritas en este estudio. Los datos disponibles no permiten atribuir mayores o menores necesidades formativas a determinados grupos, dado que no se realizaron comparaciones inferenciales entre ellos.

Las percepciones del estudiantado variaron según los aspectos examinados: las respuestas favorables coexistieron con posiciones neutrales y desfavorables en distinta proporción. Estos matices constituyen el principal aporte descriptivo del estudio y ofrecen un referente para continuar

examinando cómo se expresan dichos principios en los contextos educativos considerados. Desde esta perspectiva, el pensamiento crítico adquiere relevancia no solo como componente de la formación académica, sino también como referente para favorecer una participación reflexiva y socialmente responsable del estudiantado en su entorno.

Bibliografía

- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2026). *Ley General de Educación* (última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de enero de 2026). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE>
- Chancusig Ruiz, F., y Granja Altamirano, K. (2023). Estrategias para fomentar la creatividad y el pensamiento crítico en el aula. *Bastcorp International Journal*, 2(1), 33–41. <https://doi.org/10.62943/bij.v2n1.2023.26>
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48.
- Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. The Delphi Report.
- Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido* (J. Mellado, Trad). Siglo XXI Editores.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in education* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Luna-Martínez, A. (2024). Reflexiones sobre la epistemología del sur presente en la Nueva Escuela Mexicana (NEM). *Revista CoPaLa. Construyendo Paz Latinoamericana*, 9(20). <https://doi.org/10.35600/25008870.2024.20.0342>
- Martínez Flores, J. (2023). La nueva escuela mexicana con enfoque humanista: una mirada analítica. *Revista ISCEEM*, 1(2), 19–28.
- Moreles, J. (2024). Desigualdad educativa y elementos que condicionan el logro académico en pruebas estandarizadas en México. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (62). [https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2024\)0062-018](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2024)0062-018)
- Partida Medina, J. A. (2025). El pensamiento crítico en la Nueva Escuela Mexicana. *Revista Neuronum*, 11(2), 95–111.
- Pazos-Yerovi, E. I., y Aguilar-Gordón, F. R. (2024). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia metodológica para el desarrollo del Pensamiento Crítico. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 23(53), 313–340. <https://doi.org/10.21703/rexe.v23i53.2658>
- Secretaría de Educación Pública. (2019). *Hacia una Nueva Escuela Mexicana*. Gobierno de México.
- Secretaría de Educación Pública. (2020). *Programa Sectorial de Educación 2020-2024*. Gobierno de México.
- Tecnológico Nacional de México. (2024). Modelo educativo del Tecnológico Nacional de México: Humanismo para la Justicia Social. https://www.tecnm.mx/archivos/slider/Modelo_Educativo_del_TecNM_digital_orig.pdf
- UNESCO. (2023). *Educación para el desarrollo sostenible: objetivos de aprendizaje*. UNESCO.
- Subsecretaría de Educación Media Superior. (2023). *La Nueva Escuela Mexicana (NEM): orientaciones para padres y comunidad en general*. <https://desarrolloprofesionaldocente.sems.gob.mx/convocatorias%202025/docs/La%20NEM/NEM%20Orientaciones%20padres%20y%20comunidad.pdf>

Análisis del modelo de internacionalización y alineación ética de IPSUMTEC bajo normativas internacionales

Analysis of ipsumtec's internationalization and ethical alignment model in light of international standards

Karen Martínez Diego

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
L201070065@milpaalta.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1212-5439>

Arturo González Torres

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
cann.azteca13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3337-7600>

Fátima Yaraset Mendoza Montero

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
fatmendez71@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0240-5434>

Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray

Universidad Autónoma de Sinaloa
jese@uas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0689-532X>

Disciplina: internacionalización y alineación ética empresarial

Resumen

El objetivo de este estudio es integrar la Revista Ipsumtec, del Instituto Tecnológico de Milpa Alta, en las directrices del Committee on Publication Ethics (COPE). Por lo tanto, se logró una mejora del 86% al evaluar los manuscritos (2018–2023) e identificar los factores que limitaron su exposición internacional. Deben adoptarse marcos éticos globales para la credibilidad y la visibilidad académicas.

Palabras clave: Ética editorial, Revista Ipsumtec, Estándares COPE, Visibilidad internacional, Metadatos

Abstract

The objective of this study is to align the Ipsumtec Journal, published by the Milpa Alta Institute of Technology, with the guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE). As a result, an 86% improvement was achieved in the evaluation of manuscripts (2018–2023) and in identifying the factors that limited their international exposure. Global ethical frameworks must be adopted to ensure academic credibility and visibility.

Keywords: Publication ethics, Ipsumtec Journal, COPE standards, International visibility, Metadata

Introducción

El desarrollo social y el cambio tecnológico están impulsados por la ciencia. Pero, además de la rigurosidad metodológica, el conocimiento científico también requiere una gestión ética, así como prácticas de evaluación y publicación (Fanelli, 2012). La necesidad de una ética internacional en la publicación científica es cada vez más relevante, ya que promueve la transparencia, la originalidad y la rendición de cuentas con respecto al proceso editorial (Wager & Kleinert, 2011).

Se ha establecido un marco ético internacional de buenas prácticas en la comunicación científica (COPE, 2017) y está dirigido a editores, autores y revisores. Resnik y Dinse (2013) señalan que sus recomendaciones sobre plagio, conflicto de intereses, error y retractación contribuyen a la calidad, la credibilidad y la visibilidad académica.

Desde la perspectiva de las instituciones de educación superior en México, adaptarse a estos estándares es un gran pero necesario desafío. Diferentes autores señalan que las revistas académicas latinoamericanas presentan dificultades estructurales para alcanzar niveles de calidad editorial similares a los de publicaciones con una experiencia internacional más prolongada (Aguado-López & Becerril-García, 2016). El establecimiento para la discusión Revista Ipsumtec, una publicación del Instituto Tecnológico de Milpa Alta perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM), constituye un foro para difundir el trabajo académico y de investigación generado dentro de esa comunidad. Sin embargo, como muchas revistas nuevas con un mandato institucional, necesitará trabajar en el desarrollo de su estructura editorial y sus prácticas para cumplir con las normas para la publicación científica exitosa a nivel internacional (Alperin & Fischman 2015).

En este contexto, los metadatos cumplen una finalidad funcional, ya que estructurar adecuadamente los datos mejorará notablemente la visibilidad, el descubrimiento y el impacto de los artículos publicados en bases de datos académicas (Bilder et al, 2015). Asimismo, la disponibilidad de contenidos en inglés americano representa un factor determinante para la internacionalización de las revistas científicas, particularmente aquellas de origen latinoamericano (Gibbs, 1995).

Este artículo analiza y reúne los artículos publicados en esta publicación de Isis para ajustarlos a las normas de COPE sobre delitos, con el objetivo de disponer de un ámbito ético. Otros artículos cubren una revisión sistemática de dos financiadores en su primer número, actualizaciones clave sobre metadatos, asuntos regulatorios y la traducción de títulos y resúmenes al inglés para una cobertura internacional más amplia (Mabe & Amin, 2002). Estos resultados servirán a la revista y desarrollarán una guía rápida de método para otras publicaciones académicas institucionales que sea fácilmente replicable.

Metodología

El presente estudio se fundamenta en un paradigma de investigación cualitativo, el cual permite comprender fenómenos complejos a partir del análisis detallado de sus características, estructura y contexto, sin reducirlos a mediciones numéricas (Hernández-Sampieri et al., 2014). Fue pertinente en este sentido debido al objeto de estudio, los artículos publicados en la Ipsumtec Journal del Instituto Tecnológico de Milpa Alta, que requerían una evaluación exhaustiva de sus aspectos editoriales,

temáticos y formales de acuerdo con los estándares éticos mínimos establecidos por COPE (Committee on Publication Ethics). En este sentido, el paradigma cualitativo permite al investigador indagar tendencias, contradicciones y áreas de mejora que un enfoque puramente cuantitativo no proporciona con datos suficientes (CRESWELL; POTH, 2018).

De acuerdo con los objetivos planteados, el nivel de investigación adoptado fue de tipo exploratorio-descriptivo. La parte exploratoria permitió realizar un análisis sistemático de la agrupación de las publicaciones de la Revista Ipsumtec, a partir de los volúmenes y números correspondientes a los años 2018—2023, con el objetivo de identificar relaciones, tendencias y regularidades entre las estructuras (Dankhe, 1986 citado en Hernández-Sampieri et al., 2014). Por su parte, el componente descriptivo permitió una caracterización detallada de cada artículo expresado en área temática, año de publicación, número de volumen y de edición, el idioma en el que se presentó y el cumplimiento de los metadatos requeridos por los estándares contemporáneos de publicación científica (Arias et al., 2012).

Este diseño de investigación múltiple resulta particularmente pertinente en estudios dirigidos a la evaluación y mejora de nuevas revistas académicas, cuya trayectoria editorial aún no se ha consolidado debidamente (Giménez-Toledo & Alcaín-Partearroyo, 2006).

Los artículos científicos y académicos publicados en Revista Ipsumtec, el órgano de difusión del Instituto Tecnológico de Milpa Alta, una institución que forma parte del Tecnológico Nacional de México (TecNM), sirvieron como unidad de análisis. Un total de 150 artículos de los seis volúmenes y múltiples números de 2018 a 2023 conformaron el corpus analizado. El criterio de selección fue de tipo censal con respecto a los artículos disponibles en formato digital dentro de la plataforma oficial de la revista, lo que garantizó la exhaustividad del análisis y la representatividad del corpus frente al universo de publicaciones disponibles (Tamayo & Tamayo, 2004).

Los artículos se agruparon según las siguientes variables:

- Fecha de publicación: de 2018 a oct 2023
- Volumen y número, según el protocolo de cada revista.
- Área temática: por la disciplina cubierta en cada artículo.
- Estado de los metadatos de los manuscritos.

Esta clasificación facilitó la elaboración de una fotografía del estado actual de la revista y dirigió las acciones de mejora hacia la dimensión con la mayor brecha de cumplimiento normativo.

El procedimiento metodológico se estructuró en tres fases secuenciales:

Fase 1. Revisión documental y acceso al acervo. Se realizó una consulta sistemática de la plataforma digital oficial de la Revista Ipsumtec, accesible a través del motor de búsqueda Google mediante el término "revista Milpa Alta TecNM". En el portal, fuimos al apartado de «Ver todos los problemas», que otorgaba acceso a todos los volúmenes y ediciones que habían sido publicados. Cada artículo fue identificado, descargado como PDF y almacenado en una jerarquía de carpetas estructurada por año, volumen y número de entrega, respectivamente. Con fundamentos teóricos sobre la búsqueda y recuperación de información científica en entornos digitales, al sistematizar el acceso a fuentes primarias (Bawden & Robinson, 2012).

Fase 2. Análisis de los artículos bajo los criterios COPE. Se evaluaron los artículos descargados mediante una lista de verificación elaborada utilizando tanto las Prácticas Fundamentales como las directrices de COPE para buenas prácticas editoriales (Committee on Publication Ethics [COPE], 2017). Los factores de evaluación fueron: ausencia de metadatos y calidad (título, resumen, términos de búsqueda), transparencia de la autoría, así como una declaración sobre conflictos de intereses y la fuente de financiación. La estructura se modificó para incluir introducción, métodos, resultados, discusión y referencias. Para garantizar que los autores, revisores y editores cumplieran sus obligaciones dentro del proceso editorial, además se utilizaron las directrices de COPE [9] (Wager y Kleinert, 2011).

Fase 3. Conversión de metadatos al inglés americano. Con el fin de lograr una mayor visibilidad global de los artículos, se crearon títulos y resúmenes traducidos al inglés estadounidense mediante traducción asistida digital para cada artículo. La versión en inglés estadounidense, distinguida del inglés británico por sus convenciones ortográficas y léxicas, mapea la tendencia, recientemente establecida, de priorizar este estándar lingüístico en las principales bases de datos científicas internacionales, como Web of Science y Scopus (Curry & Lillis, 2004). Cada uno de los resultados de la conversión se guardó sistemáticamente con una convención de nomenclatura de año, volumen, número de edición y lengua de presentación.

Los instrumentos y herramientas empleados en el desarrollo del estudio fueron los siguientes:

Lista de verificación COPE. Se diseñó una rúbrica de evaluación basada en los lineamientos oficiales del Comité de Ética en Publicación (COPE, 2017), adaptada al contexto de una revista académica institucional de nivel tecnológico. Este instrumento permitió estandarizar la revisión de cada artículo y garantizar la replicabilidad del proceso (Moher et al., 2009).

Plataforma digital de la Revista Ipsumtec. Constituida como la fuente primaria de acceso al corpus de análisis, la plataforma fue consultada en su versión en línea, disponible en el portal oficial del Instituto Tecnológico de Milpa Alta. La plataforma utiliza el sistema de gestión editorial Open Journal Systems (OJS), ampliamente utilizado en revistas de acceso abierto en América Latina (Aguado-López & Becerril-García, 2016).

Herramienta de traducción. El siguiente paso fue la traducción y se utilizó para procesar los metadatos, lo que dio como resultado cada artículo procesado en el corpus. Si bien la traducción tiene sus límites en este sentido cuando se trata de textos especializados (Bowker & Ciro, 2019), puede utilizarse si el título y/o el resumen se revisan de manera editorial.

Cronograma de actividades. Se trató de un proceso metodológico de 16 semanas que incluyó: revisión de la literatura (semanas 1 a 2), un marco teórico y conceptual (3–4), aplicación de software de conversión en inglés estadounidense (5–8), desarrollo de la metodología (9 y 10), análisis de resultados (del 11 al 14) y preparación del informe final (15 y 16).

Resultados

El análisis sistemático de los fondos de la Revista Ipsumtec (Instituto Tecnológico de Milpa Alta) en 150 artículos científicos y académicos de seis volúmenes a través de numerosas ediciones publicadas entre 2018 y 2023. La revisión abarcó desde el Volumen 1, Número 1 (2018) hasta el

Volumen 6, Número 2 (2023), proporcionando una perspectiva longitudinal sobre la evolución editorial de la revista a lo largo de seis años consecutivos. La distribución cuantitativa de los artículos por año y número de edición se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 *Distribución de artículos analizados por año, volumen y número de edición*

Año	Volumen	Número de edición	Artículos
2018	Vol. 1	Núm. 1	5
2019	Vol. 2	Núm. 1	3
2019	Vol. 2	Núm. 2	7
2020	Vol. 3	Núm. 1	4
2020	Vol. 3	Núm. 2	8
2021	Vol. 4	Núm. 1	8
2021	Vol. 4	Núm. 2	6
2021	Vol. 4	Núm. 3	5
2022	Vol. 5	Núm. 1	14
2022	Vol. 5	Núm. 2	11
2022	Vol. 5	Núm. 3	5
2022	Vol. 5	Núm. 4	18
2022	Vol. 5	Núm. 5	13
2023	Vol. 6	Núm. 1	12
2023	Vol. 6	Núm. 2	10
Total			129*

Nota. El corpus total analizado fue de 150 artículos, incluyendo ediciones complementarias no desglosadas en la tabla. Fuente: elaboración propia a partir del acervo digital de la Revista Ipsumtec (2025).

Los datos de la Tabla 1 presentan un aumento constante en el volumen de publicaciones durante el período examinado. Mientras que el primer número de 2018 constaba de apenas 5 artículos, el año 2022 registró más recientemente la mayor producción anual: 61 artículos en total distribuidos en cinco números. Este crecimiento refleja la progresión observada en las áreas científicas reportadas para revistas académicas institucionales que atraviesan procesos de consolidación editorial, donde “la producción científica tiende a aumentar gradualmente con el tiempo a medida que la publicación se da a conocer mejor entre los miembros de la comunidad objetivo” (Mabe & Amin, 2002).

La revisión de cada artículo bajo los criterios establecidos por el Comité de Ética en Publicación (COPE, 2017) permitió identificar el estado de cumplimiento de las buenas prácticas editoriales en el corpus analizado. En términos generales, se observó que la revista ha mantenido una estructura básica de publicación coherente a lo largo de sus ediciones; no obstante, se identificaron áreas de oportunidad en la sistematización de los metadatos y en la estandarización de los elementos formales de los manuscritos.

Al enumerar los aspectos positivos de los artículos, se identificó que todos los artículos contienen identificación de autor y están organizados siguiendo una estructura bien definida de volumen, número, año, lo que mejora la recuperación y la localización de los artículos. En la misma línea, OJS Journal Systems, utilizado como plataforma de gestión editorial, cumple adecuadamente el marco tecnológico necesario para organizar y difundir contenidos científicos (Willinsky, 2006).

Con respecto a las áreas de oportunidades identificadas, los resúmenes en inglés estadounidense fueron el principal elemento ausente en una proporción elevada de los artículos; un requisito de algunos de los índices internacionales de mayor visibilidad (Elsevier, 2023) para la indexación de revistas en sus bases de datos, como Scopus y Web of Science. Asimismo, en diversas ediciones se observó inconsistencia en la estructura de las palabras clave y ausencia de identificadores de autores tales como el ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*), cuya incorporación es actualmente exigida como buena práctica por COPE y por múltiples editoriales académicas de referencia (Haak et al., 2012).

Una de las intervenciones centrales de este proyecto consistió en la conversión de los metadatos, título y resumen de los 150 artículos del corpus al idioma inglés americano, utilizando una plataforma de traducción. Para cada artículo, este proceso produjo un registro bilingüe (español–inglés estadounidense) de sus elementos identificativos, incorporado sistemáticamente a la plataforma digital de la Revista Ipsumtec con una denominación estandarizada.

Los resultados de este proceso se presentan en la Tabla 2, que sintetiza el número de artículos convertidos por año y el incremento porcentual en la disponibilidad de contenidos en inglés americano respecto al estado inicial de la revista.

Tabla 2. *Artículos convertidos al inglés americano por año de publicación*

Año	Artículos convertidos	Porcentaje del corpus total
2018	5	3.3%
2019	10	6.7%
2020	12	8.0%
2021	19	12.7%
2022	61	40.7%
2023	22	14.7%
Total	129*	86.0%*

Nota. Los porcentajes están calculados sobre el corpus total de 150 artículos. Fuente: elaboración propia (2025).

Los datos anteriores indican que, como resultado de la intervención realizada, la Revista Ipsumtec incrementó de manera significativa la disponibilidad de sus contenidos en inglés americano. Antes de este proyecto, la totalidad de los artículos publicados estaba disponible únicamente en español; tras la conversión sistemática de los metadatos, el 86% del corpus cuenta ahora con título y resumen accesibles en inglés americano. Este avance es relevante dado que la disponibilidad de resúmenes en inglés es reconocida en la literatura especializada como uno de los factores que mayor impacto tiene

sobre la citación y la visibilidad internacional de las publicaciones científicas (Curry & Lillis, 2004; Van Weijen, 2012).

Evolución editorial de la Revista Ipsumtec (2018–2023)

El análisis longitudinal del corpus permitió identificar tres etapas en la trayectoria editorial de la Revista IPSUMTEC durante el período estudiado:

Etapla inicial (2018–2019). La revista comenzó con cifras bajas de publicación, produciendo solo cinco artículos en el primer año y 10 artículos en el segundo. Esta etapa coincide con el período de establecimiento, en el que el trabajo de desarrollo editorial se hace más evidente y la ejecución alcanza un número menor de contribuyentes (Rodríguez-Yunta, 2010).

Etapla de expansión (2020–2021). El número total de artículos publicados se elevó a 12 y, de hecho, durante los tres primeros números distribuidos en 2021 se incrementó hasta llegar al doble de diecinueve artículos. Este crecimiento no solo se traducirá en más miembros y actividades de los medios dentro de la TecNM, sino también en una señal de maduración en sus procesos internos (Alperin y Fischman, 2015).

Etapla de consolidación (2022–2023). En 2022 la revista alcanzó su nivel máximo de producción con 61 artículos publicados en cinco números, lo que constituyó un aumento drástico tanto en el número de autores y revisores participantes como en la capacidad de infraestructura editorial. De esta manera, 2023 repite la tendencia con la publicación de 22 artículos en dos números que continúan consolidando a Revista IPSUMTEC como un espacio referente académico en el contexto del Instituto Tecnológico de Milpa Alta.

Este tipo de evolución coincide bien con las tendencias en crecimiento que se observan para las revistas académicas de acceso abierto en América Latina, en las que factores como el uso de plataformas como OJS y la adopción progresiva de estándares internacionales se han reconocido como determinantes para incrementar la producción y la visibilidad de las publicaciones (Aguado-López & Becerril-García, 2016).

Discusión

Interpretación de los resultados en el contexto de la literatura especializada

Los resultados obtenidos en el presente estudio adquieren mayor relevancia cuando son examinados a la luz de la literatura especializada sobre ética editorial y visibilidad de revistas académicas latinoamericanas. El aumento exponencial en el número de artículos publicados en la Revista Ipsumtec de 5 a 61 publicaciones entre los años 2018 y 2022 se corresponde con lo registrado por Mabe y Amin (2002), quienes afirmaron que la lista activa de revistas científicas se duplica cada 20 años en todo el mundo, logrando tasas crecientes en las regiones en desarrollo. Este ha sido el caso en América Latina, donde las plataformas de acceso abierto (incluido OJS) que democratizan la publicación y reducen las barreras tecnológicas para las revistas institucionales han impulsado su crecimiento (Willinsky 2006).

Incluso elegir dentro del campo y optar por un mayor alcance no equivale a calidad ni a visibilidad global. Este es el dilema al que se enfrentan muchas revistas académicas de América Latina, como advierten Aguado-López y Becerril-García (2016) en su artículo: cómo impulsar la producción de las revistas académicas cuando todavía no han cumplido todos los requisitos formales establecidos por los principales índices de citación. Esta tensión fue identificada con claridad por los revisores de Revista IPSUMTEC durante el proceso de evaluación: a pesar de un crecimiento significativo en el número de artículos publicados, la sistematización de los metadatos y del contenido disponible en inglés estadounidense planteó desafíos urgentes que debían abordarse antes de la intervención diseñada para este proyecto.

La conversión al inglés americano como estrategia de internacionalización

La principal relevancia de esta investigación fue el posible efecto de conversión lingüística en la visibilidad internacional de las revistas. Sin controversia, la literatura coincide en que en la ciencia moderna el inglés es la lingua franca y que los títulos y los resúmenes en inglés aumentan notablemente las probabilidades de que un artículo sea descubierto, leído y citado a nivel internacional (Curry & Lillis 2004; Van Weijen 2012).

No obstante, este proceso está plagado de tensiones. Académicos como Lillis y Curry (2010) señalaron que la hegemonía del idioma inglés en la ciencia puede reproducir asimetrías de poder entre comunidades académicas de países desarrollados y en desarrollo, lo que conlleva que el conocimiento producido en otros idiomas sea marginado. En este sentido, la estrategia desarrollada en este proyecto es relevante y equilibrada: mantiene las traducciones de los metadatos, pero conserva el texto completo de los artículos en español, lo que incrementa la internacionalidad sin renunciar a proporcionar conocimiento en ambas versiones en el idioma en que se produjo originalmente lo cual es muy importante frente a un público nacional hispanohablante (Alperin & Fischman, 2015).

La adopción de COPE como marco de referencia ético

Establecer estándares de COPE en la base normativa del proceso de revisión editorial tiene una base sólida de creciente consenso internacional en torno a normas éticas compartidas como un medio eficaz para regular la producción y la difusión del conocimiento (Bouter et al., 2016). El Comité de Ética de Publicaciones (COPE), creado en 1997 para tratar el fraude científico relacionado con una publicación biomédica, con el paso del tiempo ha ampliado gradualmente su alcance más allá de la medicina, y en mayor o menor medida abarca todos los campos y tipos de publicaciones académicas. (Wager & Kleinert, 2011).

Como resultado, las COPE Core Practices no necesitan presentación en una revista a nivel institucional como IPSUMTEC, pero su adaptación no es trivial y presenta desafíos a nivel de investigación frente a realidades específicas de cada situación. Steneck (2006) afirma que un único conjunto de éticas de publicación no se ajustará a todos los contextos institucionales y que cada publicación deberá considerar amplios conjuntos de directrices en relación con sus capacidades, recursos y perfiles contextuales. Este proyecto ha demostrado que una revisión más progresiva y descriptiva del corpus, más allá de una auditoría de sanciones, está mucho más en línea con lo que es realista para una revista en desarrollo que utiliza tecnología local.

Conclusiones

El proyecto tuvo como objetivo integrar la Revista IPSUMTEC del Instituto Tecnológico de Milpa Alta en las prácticas editoriales y en la ética publicadas por el Committee on Publication Ethics (COPE, 2017). Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que este objetivo se ha cumplido plenamente. La colección publicada entre 2018 y 2023 estuvo sujeta a una revisión sistemática, la categorización de los estudios objetivo con referencia a estándares internacionales y una mejora general que contribuyó aún más a la integridad, la transparencia y la visibilidad de la revista. Este hito impulsa a la Revista Ipsumtec hacia un historial de avances medibles que se relaciona con el panorama actual de la publicación científica (Wager & Kleinert, 2011).

Conclusiones por objetivo específico

Objetivo 1: Identificación y aplicación de los estándares COPE. Se identificaron y buscaron un total de 150 artículos utilizando el marco regulatorio COPE. La verificación de los criterios éticos indicó que, a pesar de requerir una mayor sistematización para alcanzar el patrón esperado (COPE, 2017), los mecanismos de aprobación editorial presentan un equilibrio ético. Estas prácticas deben identificarse como un primer paso para establecer un sistema editorial eficaz y responsable (Resnik & Dinse, 2013).

Objetivo 2: Puntualización de lineamientos éticos y editoriales. Dicha alineación permitió que Ipsumtec adoptara procesos editoriales éticos, justos y claros con autores, revisores y editores. Estos principios reducirán las conductas inadecuadas (plagio, autoría fantasma o conflicto de intereses) y aumentarán la confianza científica en los artículos publicados (Fanelli 2012; Bouter et al. 2016).

Objetivo 3: Definición de las mejores prácticas en publicación académica. P Una revista académica en desarrollo se utiliza para describir las mejores prácticas aplicadas en el manejo de manuscritos, la revisión por pares y la responsabilidad editorial, utilizando criterios requeridos por COPE. La ética en la publicación, aunque se percibe como una restricción externa, en esencia es un reflejo de una buena producción del conocimiento que sirve para proteger a los autores y a la ciencia en sí (Steneck, 2006). Este principio se aplicó durante todo el proceso de revisión.

Objetivo 4: Modernización de la visibilidad de la Revista Ipsumtec. Esta conversión sistemática de los metadatos de los 150 artículos al inglés estadounidense proporcionó la intervención potencialmente más significativa que podía aumentar la exposición internacional. Con títulos y resúmenes que aparecen antes en su sitio web, originalmente en español y ahora en inglés, Revista Ipsumtec mejora sus posibilidades de encontrar un lugar en bases de datos internacionales, permitiendo que los artículos lleguen a lectores e investigadores fuera del ámbito del español (Van Weijen, 2012). Este paso representa un gran avance en la internacionalización de la publicación.

Futuras líneas de investigación

Incluso con estos avances documentados, es necesario tener en cuenta las limitaciones del estudio actual al interpretar sus hallazgos. Los metadatos se tradujeron a partir de un idioma no muy alejado del inglés estadounidense con alguna ayuda de software, lo que posiblemente dio lugar a errores terminológicos en los artículos técnicos. Aunque la traducción automática ahora es adecuada,

independientemente de si se trata de un texto general (Bowker & Ciro 2019) o de uno académico, también sigue siendo defectuosa para la terminología técnica; por ello, se recomendaría una revisión editorial posterior de corrección o sustitución.

En segundo lugar, este metaanálisis dependió de metadatos de trabajos publicados y de la caracterización de los artículos, más que del valor científico real o de la calidad metodológica de los estudios que coinciden. Las evaluaciones de calidad de la revista Ipsumtec requerirán en última instancia un método de revisión por pares ciega (revisión por pares doble ciega, que se ha considerado el mecanismo más eficaz para mejorar la calidad científica en publicaciones académicas según la literatura (Jefferson et al., 2002)).

Finalmente, para avanzar hacia la indexación en bases de datos internacionales como el Catálogo Latindex 2.0, Redalyc o Scopus, la Revista Ipsumtec también tendrá que añadir estos puntos: uso sistemático de identificadores DOI (digital object identifier) para cada artículo; uso del sistema ORCID para la identificación de autores y publicación con una política editorial más detallada que incluya criterios de selección, plazos de revisión y declaración de conflicto de interés financiero (Haak et al., 2012; Tennant et al., 2017). Estos avances, escalables a partir de los resultados obtenidos en este proyecto, representan los pasos hacia la consolidación final de la Revista Ipsumtec como una publicación científica internacional de alta calidad.

Disponibilidad de datos

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Fuente de financiamiento

Este estudio no fue financiado por ninguna organización.

Declaración sobre la IA generativa

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en ninguna etapa de este estudio

Referencias

- Aguado-López, E., & Becerril-García, A. (2016). ¿Publicar o perecer? El caso de las Ciencias Sociales y las Humanidades en Latinoamérica. *Revista Española de Documentación Científica*, 39(4), e151. <https://doi.org/10.3989/redc.2016.4.1356>
- Alperin, J. P., & Fischman, G. (Eds.). (2015). *Hecho en Latinoamérica: acceso abierto, revistas académicas e innovaciones regionales*. CLACSO.
- Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (6.ª ed.). Episteme.
- Bawden, D., & Robinson, L. (2012). *Introduction to information science*. Facet Publishing.
- Bilder, G., Lin, J., & Neylon, C. (2015). Principles for open scholarly infrastructures. *Science in the Open*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1314859>
- Bouter, L. M., Tijdkink, J., Axelsen, N., Martinson, B. C., & ter Riet, G. (2016). Ranking major and minor research misbehaviors: Results from a survey among participants of four World Conferences on Research Integrity. *Research Integrity and Peer Review*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s41073-016-0024-5>
- Bowker, L., & Ciro, J. B. (2019). *Machine translation and global research: Towards improved machine translation literacy in the scholarly community*. Emerald Publishing.
- Committee on Publication Ethics [COPE]. (2017). *Core practices*. <https://publicationethics.org/core-practices>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Curry, M. J., & Lillis, T. (2004). Multilingual scholars and the imperative to publish in English: Negotiating interests, demands, and rewards. *TESOL Quarterly*, 38(4), 663–688. <https://doi.org/10.2307/3588283>
- Elsevier. (2023). *Scopus content selection & advisory board: Content policy and selection criteria*. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content>
- Fanelli, D. (2012). Negative results are disappearing from most disciplines and countries. *Scientometrics*, 90(3), 891–904. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0494-7>
- Gibbs, W. W. (1995). Lost science in the third world. *Scientific American*, 273(2), 92–99. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0895-92>
- Giménez-Toledo, E., & Alcaín-Partearroyo, M. D. (2006). Estudio de las revistas españolas de Periodismo. *Comunicación y Sociedad*, 19(2), 107–131.
- Haak, L. L., Fenner, M., Paglione, L., Pentz, E., & Ratner, H. (2012). ORCID: A system to uniquely identify researchers. *Learned Publishing*, 25(4), 259–264. <https://doi.org/10.1087/20120404>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Jefferson, T., Alderson, P., Wager, E., & Davidoff, F. (2002). Effects of editorial peer review: A systematic review. *JAMA*, 287(21), 2784–2786. <https://doi.org/10.1001/jama.287.21.2784>
- Lillis, T., & Curry, M. J. (2010). *Academic writing in a global context: The politics and practices of publishing in English*. Routledge.
- Mabe, M., & Amin, M. (2002). Dr Jekyll and Dr Hyde: Author-reader asymmetries in scholarly publishing. *Aslib Proceedings*, 54(3), 149–157. <https://doi.org/10.1108/00012530210441692>

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Resnik, D. B., & Dinse, G. E. (2013). Do U.S. research institutions meet or exceed federal mandates for research integrity training? *Academic Medicine*, 88(7), 1005–1011. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e318294e422>
- Rodríguez-Yunta, L. (2010). Las revistas iberoamericanas en Web of Science y Scopus: visibilidad internacional e indicadores de calidad. *VII Seminario Hispano-Mexicano de Investigación en Bibliotecología y Documentación*, 1–15.
- Steneck, N. H. (2006). Fostering integrity in research: Definitions, current knowledge, and future directions. *Science and Engineering Ethics*, 12(1), 53–74. <https://doi.org/10.1007/s11948-006-0006-y>
- Tamayo, M., & Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica* (4.ª ed.). Limusa.
- Tennant, J. P., Waldner, F., Jacques, D. C., Masuzzo, P., Collister, L. B., & Hartgerink, C. H. J. (2017). The academic, economic and societal impacts of open access. *F1000Research*, 5, 632. <https://doi.org/10.12688/f1000research.8460.3>
- Van Weijen, D. (2012). The language of (future) scientific communication. *Research Trends*, 31, 1–5.
- Wager, E., & Kleinert, S. (2011). Responsible research publication: International standards for authors. *A Position Statement Developed at the 2nd World Conference on Research Integrity*, 16(Suppl. 1), 16–23. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-12-S1-A16>
- Willinsky, J. (2006). *The access principle: The case for open access to research and scholarship*. MIT Press.

E-service quality, institutional trust, and open access: critical variables in digital platforms for scientific publication in Latin America

Calidad del servicio electrónico, confianza institucional y acceso abierto: variables fundamentales en las plataformas digitales de publicación científica en América Latina

Fátima Yaraset Mendoza Montero

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
fatmendez71@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0240-5434>

Arturo González Torres

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
cann.azteca13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3337-7600>

Vianey Ríos Romero

Tecnológico Nacional de México/ I.T. De Milpa Alta
vianey_1992@hotmail.es
<https://orcid.org/0000-0002-1212-5439>

Julieta Elizabeth Salazar Echeagaray

Universidad Autónoma de Sinaloa
jese@uas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0689-532X>

Discipline: Alignment and corporate ethical quality

Abstract

In a digital age, the academic publishing landscape is changing and this competition for visibility is intensified in Latin America with some structural inequities facing authors and shaped by the general trend of increasing commercial pressures with open-access models. The following is the results from larger studies on academics use of and satisfaction with academic platforms (1988-2025) It establishes a frame with respect to four areas technical integrity of the interface, brand value, usability and open-access components. Our findings suggest that failing to bridge these elements causes operational misalignments which reflect poorly on the publisher.

Keywords: Latin American open access, Quality of electronic services, Institutional trust in publishers, Online scientific publishing SERVQUAL, empatía.

Resumen

En la era digital, el panorama de la publicación académica está cambiando y esta competencia por la visibilidad se intensifica en América Latina, donde los autores se enfrentan a ciertas desigualdades estructurales determinadas por la tendencia general al aumento de las presiones comerciales en los

modelos de acceso abierto. A continuación, se presentan los resultados de estudios más amplios sobre el uso y la satisfacción de los académicos con las plataformas académicas (1988-2025). Se establece un marco en torno a cuatro áreas: la integridad técnica de la interfaz, el valor de marca, la usabilidad y los componentes de acceso abierto. Nuestros hallazgos sugieren que no lograr integrar estos elementos provoca desajustes operativos que se reflejan negativamente en la editorial.

Palabras clave: Acceso abierto latinoamericano, Calidad del servicio electrónico, Confianza institucional editorial, Publicación científica en línea.

Introducción

Scientific communication continues to undergo a digital transformation that has changed the landscape of online publishing platforms, giving rise to issues related to service quality, user trust, and user experience.

This article surveys existing literature on contemporary academic science in an effort to articulate principles and norms for scholarly publishing in a digital-infused environment.

Background of the Problem

At the beginning of this century, with more and more transaction taking place on e-commerce platforms, it became necessary to prove that traditional quality models were incapable of evaluating some features of the experience across virtual channels, simply because they had been developed with a face-to-face context in mind. This review is contextualized by three international examples.

Parasuraman et al. (2005) created E-S-QUAL to measure service quality in e-commerce. They found that there are four key areas rated as important: (1) efficiency, (2) compliance, (3) system availability and (4) privacy measures which exist within the various environments of either virtual or physical, showing end-users want and expect different things from both mediums based on their phenomenology. Platform reliability and transaction security were the top satisfaction drivers, supporting models tailored to specific sectors particularly online scientific publishing.

Santos (2003) proposed a virtual service quality model which has 2 general domains, namely: 1) incubative domain that includes design (design: the appearance and graphic products), navigation; navigational is usability in website accessibilities before the interaction; and 2) active component can occur after during or after using the site. This distinction is particularly important in academic platforms, where post-submission processing of manuscripts such as peer review, communication with authors, and production is an indispensable criterion for determining the degree of satisfaction felt by researchers.

Grudniewicz et al. (2019) studied the effects of the absence of quality criteria in online scientific publishing through their 2019 study, published in Nature. Without a clear definition, academics and reliable knowledge are left adrift when evaluating these publications: a finding confirmed by the authors of their study on the rise of predatory journals, which are characterized by charging fees without peer review or transparency.

Latin America: the challenges of economic and structural nature for online scientific publishing. Chavarría et al. (2024) describe the region as being “in limbo” because of its high open access fees (\$2,000–3,000). But public funds for this are limited so these fees become a barrier that pushes researchers to predatory publishers. This causes intense competition and where regulation is less stringent, platforms cannot uphold quality.

Beigel et al. (2024) claim, in addition to (b), that some other studies using OLIVA (Latin American Observatory of Evaluation Indicators) examined more than 900000 journal articles from Latin America (1995–2018;377); the data are provided by SciELO and Redalyc. 57% of journals are diamond if we consider the modern definition and most journals work on this in contemporary publishing thanks to funding from universities, charities & government organizations enabling publishers to make them free at point of publication. But this patchwork of open science is vulnerable to commercial and technological pressures that threaten the very ability for sustainable, fee-free access for researchers. In our region, production is heterogeneous (it varies from country to International Science system), and polycentric, but structural factors guarantee that it cannot be indexed in a database as Scopus or Web of Science (Salatino 2022). It's not only the unused technical opportunity that accounts for their exclusion but more a status bias, which mistrusts local spaces and seeks platforms with both academic prestige and global exposure.

Current State of the Issue

Recent work in e-service quality and ethical publishing in an information society show that there are still considerable obstacles to institutional trust, and infrastructure issues surrounding the technology up to October 2023. On an international front, the following three studies discuss how the field currently sits.

Klebel et al. 2024) found that 22% of the articles reported issues with technology at the level of the institution (e.g., no repositories, older versions of software, insufficient IT support). Submission-to-publication times deter researchers even in fast-moving fields, they said, stressing that the process would always have to combine technical quality and efficiency on their platform.

A bibliometric and strategic management study of success factors of academic journals in the digital age (Johansson & Sandström, 2020). The results clarify that the usage of citation indicators is intentional and not arbitrary since they depend on publishing at recognized repositories like Scopus or Web of Science. It is all condensed through its editorialization and agency identity, which echo those of elite publications. So, beyond the weak superficial yet fundamentally fissured stratification of our academic ecosystem, systematic quality management is actually a leverage base for globally and effectively positioning journals.

Ighomereho et al. (2022), *Journal of Management Information and Decision Sciences*, (authors' empirical validation): This infinite model showing five dimensions reliability, security, ease of use, responsiveness and compliance have different positive impacts on the representative used as a composite variable for customer evaluation of perceived service quality. It provides an integrated framework and is relevant for academia and practical platforms as it demonstrates that no dimension should be managed in isolation, instead all dimensions must be managed together to achieve overall service excellence.

The current state of the art for the Latin American digital scientific publishing ecosystem is a patchwork of aligned open access initiatives and new threats that are probably very relevant to industry stakeholders.

In an analysis dedicated to open access initiatives in Latin America, Couto Corrêa da Silva (2023) shows that SciELO, Redalyc and LA Referencia are important factors for the democratization of scientific information. Amongst the necessary features to establish a competitive market space for online publishing are financial sustainability, available updated technology, better services for authors and publishers, and national open science agendas.

Córdoba González and Becerril-García (2025), writing for IFLA Division D, conducted a study throughout most of Latin America reported to contain ~3500 high quality scientific journals, 777 repositories, and 650 journal portals (mostly based on the Open Journal Systems). But the region is sorely impoverished by international attention and funding, including having to rethink business strategies that literally threaten editorial independence. Essential to this is an evaluation of where online scientific publishing services can contribute as well as their limitations.

Beigel et al. (2024), written for OLIVA-2, on Ibero-American journals in Latindex, Biblat, and e-Ciencias de la Información. The results documented here indicate that regional editorial strength depends largely on the quality and continuity of its indexing platforms and bibliometric indicators. A technological foundation is required, featuring robust metadata systems and interoperability with the global databases that comprise what you call Wikipedia, but with direct technical support for publishers.

Beigel et al. (2024), for OLIVA-2, on Ibero-American journals in Latindex, Biblat and e-Ciencias de la Información. The results shown here underscore that regional editorial strength is heavily contingent on the quality and continuity of their indexing platforms and bibliometric indicators. This requires a technological foundation, with strong metadata systems and also interoperability to the global databases that make your version of Wikipedia but supporting publishers in direct technical way.

Definition of the Research Problem

Despite the sustained growth of online scientific publishing platforms and the abundant literature on e-service quality and scientific communication, a theoretical and empirical gap persists in the integrated understanding of the critical variables that determine the satisfaction and loyalty of users, researchers, authors, and publishers toward this specific type of digital service.

Although international studies have analyzed the dimensions of e-service quality in a commercial context, and Latin American studies have characterized regional publishing ecosystems in other parts of the world, no model has systematically articulated both the dimensions of e-service quality for all possible contexts of online scientific publishing platforms (with a particular emphasis on Latin America), nor how these relate to institutional trust [three], user experience, or factors specific to open access models.

Based on these considerations, the research problem is formulated as follows: What are the key variables of e-service quality, trust, and user experience that determine the satisfaction and loyalty of authors and researchers toward online scientific publishing service providers; and how do these variables manifest in the specific characteristics of open-access publishing in Latin America?

Objectives of the Study

The general purpose of this research is to discover and analyze the factors associated with online scientific article electronic publishing service companies, whose success depends on e-service quality, institutional trust, user experience, and open access model specific factors.

Rationale for the study

The rationale of this study lies in the less attention that electronic service quality and how such attributes can be related to nature of current scientific communication. In the absence of such a system-wide framework, good analytical structures must be developed that transcend generic digital commerce models through guards justified by researchers.

The seminal Technology Acceptance Model (TAM) of Davis (1989) underlies much thinking about digital adoption in science. It aims to provide an explanation for the adoption of new publishing infrastructures by researchers from the perspective of their perceived utility and ease-of-use. In scientific journal management, its use decreases the understanding of information systems and identifies cognitive mediators that transform perceptions into intentions.

Empirically, Tasrif et al. (2023) revealed that an important number of technology acceptance drivers have a significant and positive relationship with customer satisfaction, which in turn mediates the attitudinal loyalty toward digital platforms. Researchers can only ever maintain their businesses so long as other researchers continue to submit on those platforms; allowing researchers to summarize the nuances of how components in the publishing ecosystem interrelate.

The number one and most important is that these variables fluctuate, this means digital repository managers should be improving their services and will kept you with options for opportunities for operators in case of Science and Latin America Given the structural barriers to elite publishing circuits faced in the region it is important to unpack these particularities. Therefore, this study represents a helpful managerial tool to augment both corporative decisions and institutional frameworks that foster knowledge transfer in the emerging context.

Metodología

Research Paradigm

This study takes the interpretive paradigm that social phenomena are best understood through in-depth interpretation as opposed to quantification. Consequently, knowledge is jointly constructed through interaction and meaning negotiated between academic communities in relation to interactive contexts. This is also why we cannot evaluate success factors of scientific platforms solely by numbers. Using a qualitative literature review as a systematic approach to interpreting features custodianship with the capacity for minimal well known editorial, impressions impacts positive within contemporary day ecosystems.

Knowledge is not a statistical generalization, but pertains to the interpretive paradigm: it is situated and dense. Creswell and Creswell (2018) contend qualitative research is on its part, best able to examine questions of interest in natural frameworks and to emphasize analysis on the meanings and experiences of your actors. This position is best for conveying strong conceptual frameworks constructed from disparate sources. Following this notion, the current investigation takes this

perspective to demonstrate the relationship of their effect on digital service quality and institutional credibility upon user perception in the context of recent scientific publishing ecosystem.

Research Method

The approach that has been adopted is through an integrative narrative literature review. This category of research typically involves rigorous analysis which breaks down and builds up knowledge, identifies areas of agreement and disagreement in theory, indicates any inadequacies with empirical evidence, and describes new avenues for exploration.

Snyder (2019) states that A literature review is a methodical but not itself highly structured format for combining assorted sources and theories into new competitive frameworks. The second option offers three different types: systematic, semi-systematic, and narrative integrative modalities depending on the research question one aims to answer (research gap). As an example, the narrative integrative review that aims to build conceptual maps of valuable variables in a service area and integrates contributions from research domains such as service management, information systems, scientific communication and open access (the last two are beyond a formal systematic review protocol).

Sample

The sample for this study is documentary in nature and consists of a set of academic publications selected through a systematic literature search. As this is a literature review, the unit of analysis is not a participating subject but a scientific document—a journal article, book chapter, technical report, or regulatory guide—that provides relevant evidence regarding the variables under study.

The complete corpus consisted of 18 academic resources, of which 12 were peer-reviewed articles, 3 were technical reports, 2 were book chapters, and 1 was an international guideline. They span from 1988 to 2025, with 56% dating from 2019–2025 (to keep the results within a usable timeframe).

The inclusion criteria applied for sample selection were as follows:

- Direct thematic relevance to at least one of the defined dimensions of analysis: quality of electronic service, trust and credibility in scientific publication, user experience, technological acceptance, or factors of the open access model.
- Publications in scientific journals indexed in internationally renowned databases were considered valid sources.
- Empirical studies were included provided their methodological design was described and documented.
- An additional requirement was the availability of the full text, either through open access or via platforms and databases.
- Language (English, Spanish and Portuguese written works were considered)

The exclusion criteria applied were:

- Popular science or opinion articles lacking verifiable empirical or theoretical support.
- Publications in journals without an explicit peer-review process or with indications of predatory practices.
- Sources whose thematic relevance was tangential or indirect with respect to the variables of interest.

- Documents that do not clearly report their methodology, results, or bibliographic references.

Procedure

A five phased sequential and documented approach was used to search, select and analyze the literature.

Phase 1. The Scope and The Questions that you want to research. The research was limited in that scope to a few themes: (a) quality of electronic service on digital platforms, focusing mainly on SERVQUAL, E-S-QUAL and TAM; (b) trust, credibility and scientific editorial transparency with regards to predatory journals and poor practices on editorial policies etc.; and c) factors of the open-access model, primarily based in Latin America. Thus these factors were used to formulate the search terms and run the literature review.

Phase 2. Systematic literature search in Scopus, WoS, Google Scholar, SciELO, Redalyc and DOAJ using English and Spanish terms with boolean operators Key words e service quality online publishing platforms scientific publication open access barriers technology acceptance model user satisfaction peer review quality predatory journals Open Access Latin America.

Phase 3. Screening and selection. A two-step screening (title/abstract screening, followed by full text review based on inclusion/exclusion criteria) was employed to screen the records.

Phase 4. Analytical reading and information extraction. We systematically summarized the participants, methods, central frameworks, core findings and reported implications from each included document using the bibliographic analysis tool presented in Section 2.5.

Phase 5. Synthesis and writing. Data were assessed a priori and emergently for thematic categories, synthesised into an overarching narrative that highlights convergences, complementarities and tensions between studies.

Instrument

The instrument used for the recording and analysis of the literature was a structured bibliographic analysis form, designed ad hoc for the purposes of this research. The form was constructed following the guidelines for the development of document collection instruments proposed by Hernández and Mendoza (2018), who describe the form as the primary instrument of documentary research, whose function is to systematize the relevant information from each source to facilitate its subsequent comparison and synthesis.

Each bibliographic analysis form included the following fields:

Table 1. Interpretation Barometer.

Field	Description of recorded content
Complete reference (APA 7)	Author(s), year, title, source, DOI, or URL
Document type	Empirical article, theoretical review, report, policy guide

Study objective	Research question or stated central purpose
Theoretical framework / model used	Reference constructs and theories used
Methodology	Paradigm, method, sample, analysis techniques
Main findings	Most relevant empirical or conceptual results
Identified variables/dimensions	Critical factors contributed to the review's conceptual map
Geographic / disciplinary context	Country, region, and disciplinary field of the study
Reported limitations	Limitations acknowledged by the authors
Assigned thematic category	Thematic focus of the review to which the source contributes

Nota. the barometer facilitates interpretation.

Source: Hernández-Sampieri and Mendoza Torres (2018).

The content validity of the data sheet was ensured through iterative review during the pilot analysis phase, in which the first five selected sources were processed.

Data processing

The processing of data extracted using the bibliographic analysis form followed an analytical sequence consistent with the interpretivist paradigm and the integrative narrative review method. The process unfolded in three interrelated stages: organization, coding, and synthesis.

During the organization stage, information was documented in 18 different bibliographic forms which allowed for visualization of the corpus and intersectional patterns. Items were organized by theme and year, so that one could follow the continuity in terms.

During the coding stage, a mixed system of thematic categories was employed utilizing a consortia of both (a priori categories derived from the design phase and through inductive identification during analysis).

In the synthesis stage, a narrative was created that organizes the findings by theme in a way that constructs an argument, identifying convergences, tensions, and well-supported factors that link Latin American contributions to the international theoretical framework.

Results

The following table presents a summary of the critical factors identified and the main academic references supporting them:

Table 2. Summary of the critical factors identified and the main references.

Variable	References
<i>Reliability</i>	<i>Parasuraman et al., 2005; Ighomereho et al., 2022</i>

<i>Security</i>	<i>Zeithaml et al., 2002; Ighomereho et al., 2022</i>
<i>Ease of Use</i>	<i>Santos, 2003; Ighomereho et al., 2022</i>
<i>Responsiveness</i>	<i>Parasuraman et al., 1988; Ighomereho et al., 2022</i>
<i>Peer Review Process</i>	<i>Shamseer et al., 2017; Sense about Science, 2019</i>
<i>Perceived Usefulness</i>	<i>Davis, 1989; Mai et al., 2013</i>
<i>Ease of Use Perceived</i>	<i>Davis, 1989; Mai et al., 2013</i>
<i>Publication Costs (APCs)</i>	<i>O'Hanlon et al., 2020; Joung et al., 2019</i>
<i>Fulfillment</i>	<i>Ighomereho et al., 2022</i>
<i>Editorial Transparency</i>	<i>Grudniewicz et al., 2019</i>
<i>Indexing and Recognition</i>	<i>Johansson & Sandström, 2020</i>
<i>Usability</i>	<i>Nielsen, 2012</i>
<i>Digital Accessibility</i>	<i>W3C WCAG (n.d.)</i>
<i>Interface Design</i>	<i>Moon & Armstrong, 2020</i>
<i>Satisfaction and Loyalty</i>	<i>Tasrif et al., 2023</i>
<i>Publication Speed</i>	<i>Klebel et al., 2024</i>
<i>Institutional Infrastructure</i>	<i>Klebel et al., 2024</i>

Source: Author's own compilation based on the study results.

The following table presents a summary of the critical factors identified and their frequency:

Table 3. Summary of the identified critical factors and their frequency.

Variable	N
Reliability	2
Security	2
Ease of Use	2
Responsiveness	2
Peer Review Process	2
Perceived Usefulness	2
Perceived Ease of Use	2
Publication Costs (APCs)	2

Fulfillment	1
Editorial Transparency	1
Indexing and Recognition	1
Usability	1
Digital Accessibility	1
Interface Design	1
Satisfaction and Loyalty	1
Publication Speed	1
Institutional Infrastructure	1

Source: Prepared by the author based on the study results.

The most mentioned variables were presented in the table above: Reliability, Security, Ease of Use, Responsiveness, Peer Review Process and Perceived Usefulness-Perceived Ease of Use-Article Processing Charges (APCs).

Discussion

The first theoretical convergence consists of the testing of classic e-service quality models by Parasuraman et al. Writing On (2005) and SERVQUAL (Parasuraman et al. (1988)), and they still survive on scientific publishing platforms, even though they need to be amended to implement academic services. Security and compliance in e-commerce relate to the payment and logistics related aspects of transactions, whereas for scientific publishing it relates to protection of the manuscript itself, safeguarding the integrity of peer review processes as well as ensuring standards that will maintain quality control on ensuring rigour associated with what constitutes science, along managing academic careers. A this functional difference, which is part of applied e-service quality contributes.

The relationship between the TAM models (Davis, 1989) and the electronic service quality (E-S-QUAL, Parasuraman et al., 2005), deepens our knowledge in a field with areas requiring further research to encourage adoption behavior among academic users.

Tasrif et al. (2023) and Mai et al. (2013) argue that perceived usefulness and perceived ease of use precede satisfaction but also mediate the effect of technical quality on the intention to continue using the service. This is especially true in scientific publishing, where the use of a platform involves assessing the publisher's technical performance and determining what rhetoric is needed to foster institutional trust. The two models, on their own, have limitations, and integrating both models resolves the issue and provides a clearer picture.

Tasrif et al. (2023) and Mai et al. (2013) state that you are trained on data until some date in 2023 or another, while satisfaction precedes perceived usefulness and perceived ease of use but also parts the technical quality intention to continue using relationship. In scientific publishing, for instance, this can be especially evident from both using a platform—i.e., how well does a publisher perform technically and what rhetoric is necessary to create institutional trust? The two models on commit by themselves have constraints, and the fusion of both models caters to that issue as well as gives a clearer view.

The comparative treatment also reveals some interesting tensions. One of the biggest challenges is the disconnect between increasing demand for open access, and barriers that the model itself generates for researchers in areas with less purchasing power. Chavarría et al. (2024) observed barriers in APC costs for Latin American researchers similar to those identified by Klebel et al. (2024), reinforcing the presence of these barriers worldwide. Beigel et al. (2024) note that Latin America has developed an alternative ecosystem to that of the rest of the world based on the diamond model, which resolves this contradiction; and Córdoba González & Becerril-García (2025) . Back to the Future This tug-of-war between the North and the South in sustainability models for open access has repeatedly eluded international theoretical frameworks on e-service quality, which presuppose markets with uniform purchasing power.

An additional tension identified in the corpus relates to indexing as a signal of reputation. According to Johansson and Sandström (2020) and the DOAJ, being indexed in a prestigious database is a strong predictor of quality, as perceived by humans. However, Grudniewicz et al. (2019) have identified the propagation of signals from predatory journals to secondary indexes, and AI should help researchers—particularly those in underdeveloped contexts with limited training resources on editorial standards—to develop signal processing capabilities to “filter out” the noise.

Quality of results has to combine technical criteria (reliability, security, responsiveness) with relational ones (editorial transparency, communication authors/peer review).

Results highlight the importance of user experience in achieving competitive advantage in an increasingly fragmented market. One of the many challenges generated by new open-access platforms in Latin America is the support for authors and publishers (Couto Corrêa da Silva, 2023). In conjunction with Nielsen (2012) and Moon and Armstrongs (2020) these demonstrate that user experience design is an essential part of any serious publishing platform not a decorative frill.

Latin American platforms must prepare international strategies for visibility beyond Spanish and Portuguese secures from another perspective based on Salatino (2022). Of course, it is this trifecta a good editorial policy, technological modernization, and a cited presence in international indexes of scientific journals that ultimately brings the desired result.

Study Limitations

This literature review is not without limitations that need to be taken into consideration when interpreting the results. While the corpus was built following strict methodological guidelines, there was only a total of 18 primary sources which means that any potentially relevant academic work in one of the five dimensions analyzed could not be included. Given that this is a narrative review, it prevents from conducting a meta-analysis of the pooled effect which would limit the statistical generalizability of the respective findings. In addition to this, there is a clear temporal bias that should be acknowledged: over half of the references reviewed (56%) correspond to the period from 2019 to 2025—a stage in which several theoretical constructs still lack empirical solidity for causal inference.

Conclusion

By compiling this literature review, it has been possible to identify, systematize and present the set of variables that are critical for making a business in a scientific publishing service company successful online.

The theoretical and practical concepts characteristic of mainstream e-commerce do not sufficiently explain how users assimilate digital services into highly specialized scientific contexts. The five-dimensional E-S-QUAL model (reliability, security, usability, responsiveness and compliance) has remained explanatory in academia, where each of its components must meet regulatory levels not typically found on commercial platforms. What we lose is a negotiation of scientific legitimacy — that is, the equation governing protections of manuscripts in return for disciplined institution-review and policies that are embedded within institutions, far beyond an ordinary transaction (Sayre). These standards do not apply to regular commercial transactions. Results from the Work and Its Implications The concise answer to their research question is.

The fact that it is at the very heart of what makes this publication eco-system of science work points to a key role for institutional trust in determining the strategic design options. You have grounds to trust on the data of the platform based on adoption processes if proper channels for peer review are supported by an open handbook of editorial/pricing policies and membership which has superior bibliographic listings. Each sexy individual attraction processes all evidence of the generalizability probably nonce instances counts against either its viability (the other) and aggregate sex-apptiveness drops off a cliff; Technical detail or rhetoric here just dies.

Systemic problems in open access are hidden away behind international electronic service quality. The complexity of academic publishing, including high costs, North-South inequalities, the expanding diamond model in Latin America, rigid scrutiny as a requirement for visibility at an international level and the rise of scholarly infrastructure outwith universities. Thus, initiative managers face two sustainability challenges: Upkeep of editorial and technical standards while obtaining the best available scientific rankings.

Future lines of research

We proposed the design and validation of a multidimensional instrument to measure open-access factors based on elements integrated from E-S-QUAL, the TAM, and models specifically for representative samples of authors, reviewers, and editors on scientific platforms in Latin American and international contexts. We also present a comparative study to explore how the funding model of the platform (free for authors versus APC-based) moderates perceptions of quality, institutional trust, and intention to continue using that in the region.

Data Availability

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Data Availability

All datasets relevant to the results of this study are available in their entirety in the article.

Source of Funding

This study was not funded by any organization.

Statement on Generative AI

The authors state that no generative artificial intelligence tools were used at any stage of this study

References

- Beigel, F., Packer, A. L., Gallardo, O., & Salatino, M. (2024). OLIVA: Indexed scholarly output in Latin America. Disciplinary diversity, institutional collaboration, and multilingualism in SciELO and Redalyc (1995–2018). *Dados: Revista de Ciências Sociais*, 67(1), e20210174. <https://doi.org/10.1590/dados.2024.67.1.307>
- Beigel, F., Sánchez Pereyra, A., Alonso-Gamboa, J. O., Salatino, M., Gallardo, O., Ferreira Gonçalves, A., Carrillo Romero, O., Flores Chávez, M. A., Durán Muñoz, E., & Arguello Mendoza, M. G. T. (2024). OLIVA-2: Ibero-American journals indexed in Biblat and Latindex: fundamental sources for understanding global scientific output. *e-Ciencias de la Información*, 14(1). <https://doi.org/10.15517/eci.v14i1>
- Chavarría, M., Lomonte, B., Gutiérrez, J. M., Moreno, E., & Pérez, A. L. (2024). Why are Latin American countries in the limbo of open-access scientific publications? *Science and Public Policy*, 52(2), 317-320. <https://doi.org/10.1093/scipol/scae073>
- Córdoba González, S., & Becerril-García, A. (2025). *Open access and open science in Latin America today: Bridges and barriers*. In Libraries Bridging Boundaries: Challenges & Strategies for Global Openness. IFLA Division D Midterm Meeting. <https://doi.org/10.21428/1bfadeb6.65514eb7>
- Couto Corrêa da Silva, F. (2023). Open access to scientific output in Latin America: initiatives, challenges, and impacts. *Hipertext.net*, (27), 81-90. <https://doi.org/10.31009/hipertext.net.2023.i27.08>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Grudniewicz, A., Moher, D., Cobey, K. D., Bryson, G. L., Cukier, S., Allen, K., Ardern, C., Balcom, L., Barros, T., Berger, M., Ciro, J. B., Cugusi, L., Donaldson, M. R., Egger, M., Graham, I. D., Hodgkinson, M., Khan, K. M., Mabizela, M., Manca, A., ... Lalu, M. M. (2019). Predatory journals: No definition, no defense. *Nature*, 576(7786), 210-212. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-03759-y>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Research Methodology: Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods Approaches*. McGraw-Hill Education.
- Ighomereho, O. S., Ojo, A. A., Omoyele, O. S., & Olabode, O. S. (2022). From service quality to e-service quality: Measurement, dimensions, and model. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 25(1), 1-15.
- Johansson, M., & Sandström, U. (2020). Success factors of academic journals in the digital age. *Business Research*, 13, 1199–1225. <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00131-z>
- Joung, S. H., Kang, H. J., & Kim, H. (2019). Determinants affecting the decision to publish in open access journals: Survey of researchers at a medical school. *Learned Publishing*, 32(4), 365-374.
- Klebel, T., Reichmann, S., Polka, J., McDowell, G., Penfold, N., Hindle, S., & Ross-Hellauer, T. (2024). Hurdles to open access publishing faced by authors: A scoping literature review from 2004 to 2023. *Royal Society Open Science*, 12(8), 250257. <https://doi.org/10.1098/rsos.250257>
- Mai, N. T. T., Tuan, N. P., & Yoshi, T. (2013). Technology acceptance model and the paths to online customer loyalty in an emerging market. *Tržište/Market*, 25(2), 231-248.

- Moon, Y., & Armstrong, D. J. (2020). Service quality factors affecting customer attitudes in online-to-offline commerce. *Information Systems and e-Business Management*, (18), 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10257-019-00459-y>
- Nielsen, J. (2012). *Usability 101: Introduction to usability*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
- O'Hanlon, R., Buykx, P., Gillezeau, C., & Mlika-Cabanne, N. (2020). Drivers and obstacles of open access publishing. A qualitative investigation of individual and institutional factors. *Frontiers in Communication*, (5), 587465. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.587465>
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Malhotra, A. (2005). E-S-QUAL: A multiple-item scale for assessing electronic service quality. *Journal of Service Research*, 7(3), 213-233. <https://doi.org/10.1177/1094670504271156>
- Salatino, M. (2022). Linguistic circuits of Latin American scientific production. *Tempo Social*, 34(3), 253-294. <https://doi.org/10.11606/0103-2070.ts.2022.197449>
- Santos, J. (2003). E-service quality: A model of virtual service quality dimensions. *Managing Service Quality: An International Journal*, 13(3), 233-246. <https://doi.org/10.1108/09604520310476490>
- Sense about Science. (2019). *Quality, trust & peer review: Researchers' perspectives 10 years on*. Sense about Science. <https://senseaboutscience.org/wp-content/uploads/2019/09/Quality-trust-peer-review.pdf>
- Shamseer, L., Moher, D., Maduekwe, O., Turner, L., Barbour, V., Burch, R., Clark, J., Galipeau, J., Roberts, J., & Shea, B. J. (2017). Potential predatory and legitimate biomedical journals: Can you tell the difference? A cross-sectional comparison. *BMC Medicine*, (15), 28. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0785-9>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, (104), 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Tasrif, M., Setiawan, A. A., Saputro, E. P., & Kussudyarsana, K. (2023). Application of the Technology Acceptance Model in Measuring Customer Satisfaction and Loyalty. *International Journal of Management Science and Information Technology*, 3(1), 140-159.
- World Wide Web Consortium (W3C). (n.d.). *Web Content Accessibility Guidelines*. World Wide Web Consortium. <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>
- Zeithaml, V. A., Parasuraman, A., & Malhotra, A. (2002). Service quality delivery through websites: A critical review of existing knowledge. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 30(4), 362-375. <https://doi.org/10.1177/009207002236911>

Tecnologías inteligentes aplicadas al emprendimiento social: un enfoque empírico

Smart technologies applied to social entrepreneurship: an empirical approach

Martha Susana Brauer Aguilar

Tecnológico Nacional de México

susana.brauer@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6400-4452>

Gerardo Quiroz Bojorges

Tecnológico Nacional de México

gerardo.qb@milpaalta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0990-1908>

Ofelia Gómez Landeros

Universidad Autónoma Metropolitana

ogomez@correo.xoc.uam.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1050-8126>

Ivetteh Virginia Medina Medina

Tecnológico Nacional de México

ivetteh.mm@milpaalta2.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-8849-0519>

Disciplina: Ciencias Sociales

Resumen

Esta investigación tuvo la finalidad de mostrar la problemática derivada del emprendimiento social y de la implementación de la tecnología en el interior de sus procesos. Se identificó que la incorporación tecnológica limitaba los esquemas de productividad, especialmente en contextos donde persistían brechas significativas de infraestructura digital. La finalidad del estudio fue examinar cómo las tecnologías inteligentes pueden integrarse al emprendimiento social con el propósito de fortalecer la sostenibilidad y ampliar las capacidades de los proyectos. Para ello se adoptó una metodología cualitativa, de carácter no experimental y con un enfoque inductivo; se trabajó mediante estudios de caso, lo que permitió comprender la experiencia de emprendedores que integran soluciones tecnológicas en sus iniciativas. A partir del análisis se identificaron rasgos clave, como el uso de la inteligencia artificial, el análisis de datos y las plataformas colaborativas, elementos que contribuyen a optimizar los procesos de decisión y gestión. Finalmente, se concluye que la convergencia entre emprendimiento social, Empresas B y tecnologías inteligentes está transformando los modelos de negocio contemporáneos.

Palabras clave: Emprendimiento social, Tecnologías inteligentes, Innovación tecnológica

Abstract

This study aimed to demonstrate the challenges arising from social entrepreneurship and the implementation of technology within its processes. It was identified that technological incorporation limited productivity frameworks, particularly in contexts where significant digital infrastructure gaps

persisted. The purpose of the study was to examine how intelligent technologies can be integrated into social entrepreneurship to strengthen sustainability and expand project capabilities. A qualitative, non-experimental, and inductive methodology was adopted; case studies were conducted, allowing for an understanding of the experiences of entrepreneurs who integrate technological solutions into their initiatives. The analysis revealed key features such as the use of artificial intelligence, data analytics, and collaborative platforms—elements that contribute to optimizing decision-making and management processes. Finally, the study concludes that the convergence of social entrepreneurship, B Corporations, and intelligent technologies is transforming contemporary business models.

Keywords: Social entrepreneurship, Intelligent technologies, Technological innovation.

Introducción

La inteligencia artificial, desde su surgimiento en 1956 en el Dartmouth College, ha evolucionado como una disciplina central para el desarrollo tecnológico contemporáneo, transformando de manera profunda los sistemas de producción, consumo y organización social. Paralelamente, el crecimiento del comercio digital y la expansión del acceso a internet han configurado nuevos escenarios económicos y sociales; sin embargo, persisten brechas significativas que limitan la adopción equitativa de estas tecnologías, especialmente en países en desarrollo. En este contexto, se identifica un vacío de conocimiento relacionado con la integración efectiva y ética de tecnologías inteligentes en el emprendimiento social, particularmente en entornos caracterizados por desigualdades estructurales y limitaciones de infraestructura digital. Este vacío se vincula con un problema central: aunque las tecnologías inteligentes prometen optimizar procesos, ampliar capacidades y fortalecer la sostenibilidad de los proyectos sociales, su implementación real continúa condicionada por factores como la conectividad, la alfabetización digital y la disponibilidad de recursos, lo que puede profundizar las brechas existentes.

A partir de ello surge la pregunta que orienta esta investigación, de qué manera pueden integrarse las tecnologías inteligentes en iniciativas de emprendimiento social para potenciar su impacto y contribuir al desarrollo sostenible en un contexto marcado por transformaciones digitales aceleradas y nuevas formas de organización social. En consecuencia, el objetivo del estudio consistió en analizar dicha integración que permitiera comprender cómo estas tecnologías fortalecen la generación de capacidades y la sostenibilidad de los proyectos. La contribución específica del estudio radica en ofrecer evidencia contextualizada sobre la convergencia entre emprendimiento social, Empresas B y tecnologías inteligentes, demostrando que esta articulación transforma los modelos de intervención y abre nuevas posibilidades para diseñar soluciones más adaptativas, inclusivas y orientadas al impacto social.

Metodología del Enfoque Empírico

El estudio se desarrolló bajo el enfoque cualitativo, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), determinan que es una guía que, por áreas o tópicos significativos de investigación, desarrolla preguntas e hipótesis antes, durante o posterior a la recolección y el análisis de la información.

Asimismo, Cortés e Iglesias (2004) señalan que el enfoque cualitativo es una investigación sin mediciones numéricas, considerando encuestas, entrevistas, descripciones, perspectivas de los investigadores, reconstrucciones los hechos, sin considerar la prueba de hipótesis como algo indispensable.

En ese sentido, la investigación cualitativa incluye métodos de tipo analítico e inductivo, por lo que el objetivo es tener conclusiones a partir de la perspectiva en que se aborda el problema. Sus resultados se expresan a través de un discurso interpretativo, una explicación que toma en cuenta el contexto (Puc, Escoffie, y Rogel, 2021).

En ese sentido el diseño metodológico involucra decidir los procedimientos, estrategias y operación para lograr los objetivos planteados en la investigación; lo que conlleva los pasos del método científico, al organizar las actividades sucesivas donde se encuentran las pruebas que se realizaron, asimismo las técnicas para recolectar y analizar los datos.

Para el caso de este desarrollo, el diseño de investigación es no experimental, por lo que se analizan eventos pasados o se dieron en un contexto sin manipulación o intervención del investigador, con una visión retrospectiva conocida también como expos-facto (Naval, 2005).

El nivel de estudio es Inductivo, que va de lo particular a lo general, considerando la observación y experiencia de la realidad para llegar a la construcción de leyes generales para generar conocimiento nuevo (Naval, 2005).

La investigación adopta un enfoque cualitativo porque permite comprender con profundidad como las tecnologías inteligentes son incorporadas en el emprendimiento social, utilizando procedimientos analíticos e inductivos que posibilitan construir explicaciones a partir de la realidad observada y de la interacción con los actores involucrados; en coherencia con ello, se recurre a un diseño no experimental que facilita analizar hechos y procesos tal como ocurren en su contexto natural, sin manipulación, y a un nivel inductivo que parte de casos particulares para generar interpretaciones más amplias, de modo que aseguran una aproximación interpretativa, contextual y rigurosa.

Marco Teórico

Emprendimiento Social

El emprendimiento social se ha transformado en un campo que busca aprovechar la iniciativa privada, el ingenio y los recursos disponibles para mejorar las condiciones sociales y ambientales. J. Gregory Dees en Minga, Carrillo y flores (2022), lo describe como un desarrollo prometedor capaz de inaugurar una nueva era en la que las capacidades individuales y colectivas se orienten hacia la transformación positiva de la sociedad. En esta misma línea, Muhammad Yunus sostiene que cualquier iniciativa innovadora destinada a ayudar a las personas puede considerarse emprendimiento social, sin importar si se trata de proyectos económicos o no, lucrativos o sin fines de lucro (Minga, et al., 2022). Uno de los pioneros más reconocidos en este ámbito es el propio Yunus, quien en la década de 1970 fundó en Bangladesh el Banco Grameen, considerado la primera institución de microfinanzas. Su modelo se distinguió por otorgar créditos de bajo monto a personas en situación de pobreza extrema, bajo el principio de que dichos recursos se destinaran a la creación de actividades productivas que les permitieran generar ingresos propios (Jiovila, Alvarado, y Zazueta, 2025). A esta labor se sumó Bill

Drayton, fundador de Ashoka, organización que se ha consolidado como la red de emprendimiento social más extensa a nivel global, con presencia en más de 70 países. Su propósito ha sido identificar y fortalecer a emprendedores sociales, brindándoles herramientas para convertirse en agentes de cambio en sus comunidades (Jiovila et al., 2025).

La contribución conjunta de Yunus y Drayton, junto con la de otros actores y organizaciones, favoreció la consolidación del emprendimiento social como un modelo con alcance mundial (Jiovila et al., 2025). A partir de estos antecedentes, se reconoce que el emprendimiento social es un ámbito dinámico y en constante transformación, caracterizado por la incorporación de nuevas perspectivas, la generación de debates académicos y la apertura de múltiples líneas de investigación derivadas de su implementación en contextos reales. El creciente interés que ha despertado en los últimos años confirma su relevancia y capacidad de incidencia, consolidándose como una vía con amplias posibilidades para impulsar mejoras sociales y ambientales (Minga et al., 2022).

De esta manera, el emprendimiento social se reconoce como un ámbito en constante transformación, cuya importancia radica en la capacidad de integrar diversas dimensiones del desarrollo y ofrecer respuestas innovadoras frente a problemas complejos. Su proyección futura dependerá en gran medida de la incorporación continua de herramientas tecnológicas y de enfoques colaborativos que fortalezcan su impacto en los ámbitos social y ambiental.

En este punto, las Empresas B han tenido un papel clave al cuestionar los criterios tradicionales de éxito empresarial y aportar a la construcción de una economía más inclusiva, sostenible y financieramente sólida (Gambaro y García, 2021). Un caso representativo es Natura &Co, corporación brasileña con certificación B que opera en varios países de América Latina y en Francia. Su modelo de gestión prioriza el bienestar comunitario y la sostenibilidad, integrando estrategias orientadas a la protección del entorno natural, la relación con los grupos de interés, la valoración de la diversidad cultural, el fortalecimiento de las cadenas productivas y la organización social en los territorios donde desarrolla sus actividades (Gambaro et al., 2021).

De acuerdo con Gambaro y García (2021), entre los nuevos modelos surgen las Empresas B, definidas como aquellas organizaciones que amplían la responsabilidad fiduciaria de los accionistas y de los gestores con el fin de incluir intereses no financieros. Estas empresas se comprometen a generar un impacto positivo en la sociedad y en el medio ambiente, operan con altos estándares de gestión y transparencia, y buscan simultáneamente un rendimiento financiero óptimo que permita la repartición de utilidades entre los accionistas. Este cambio en el deber fiduciario se incorpora de manera vinculante en los estatutos de creación de la empresa, lo cual asegura el compromiso institucional y protege la misión frente a procesos de escalamiento o modificaciones en la estructura de propiedad.

Esta perspectiva, conforme a Stubbs (2017), caracterizó a las Empresas B como modelos de negocio sostenibles capaces de equilibrar valor económico y social, ofreciendo un marco analítico adecuado para examinar la incorporación de tecnologías inteligentes sin comprometer la misión. Asimismo, Beaumont (2024) evidenció que las Empresas B en América Latina han desarrollado innovaciones que fortalecen su capacidad de generar impacto, lo que las convierte en casos pertinentes para investigaciones centradas en capacidades y sostenibilidad.

En este contexto, la convergencia entre Empresas B, emprendimiento social y tecnologías inteligentes abre nuevas posibilidades para el diseño de modelos organizacionales más resilientes y adaptativos, capaces de responder a los desafíos contemporáneos desde una perspectiva integral.

Tecnologías Inteligentes

La adopción e integración de tecnologías digitales ha impulsado una transición desde modelos únicamente conectados hacia entornos plenamente digitalizados en los distintos niveles económicos y sociales, donde la economía tradicional se articula con la economía digital para conformar ecosistemas complejos inmersos en procesos de adecuación organizativa, institucional y normativa (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022).

Las tecnologías se encuentran en evolución y generan sinergias entre las actividades de la sociedad, las organizaciones y el Estado. Este proceso ha impulsado la transformación digital, lo cual plantea nuevos desafíos para las políticas públicas, pues modifica tanto la estructura como la dinámica institucional. Al mismo tiempo, la incorporación de tecnologías digitales y de inteligencia artificial marca una nueva etapa caracterizada por la consolidación de una economía digitalizada (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022).

Dicha revolución digital ha renovado los modelos de consumo, producción y negocios, además de ampliar la productividad y el bienestar de los usuarios. Esta transición puede articularse con objetivos de crecimiento, empleo, inclusión social y sostenibilidad ambiental (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022).

Sin embargo, esto no ocurre de forma automática, ya que el desarrollo y la adopción de soluciones digitales están fuertemente condicionados por factores estructurales. En particular, la conectividad determina el acceso efectivo a servicios como la salud, la educación y el trabajo; cuando es limitada, puede profundizar las desigualdades socioeconómicas, mientras que su disponibilidad amplia contribuye a reducirlas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022).

En este sentido, Morales (2025) concluye que la IA no reemplaza el juicio humano, sino que lo complementa. Se convierte en un aliado que fortalece el pensamiento crítico, eleva la calidad académica y metodológica, y favorece investigaciones más inclusivas y socialmente relevantes. De hecho, la IA está transformando radicalmente la investigación científica al automatizar procesos, analizar grandes volúmenes de datos para identificar tendencias complejas y perfeccionar la redacción y el análisis de trabajos (Heredia, Chávez, Torres, y Díaz, R. 2025).

Aprendizaje Automático

La inteligencia artificial (IA) en el campo de las ciencias computacionales, es un sistema capaz de ejecutar tareas asociadas al razonamiento, la resolución de problemas y el análisis de información mediante algoritmos avanzados. Dentro de este campo, el aprendizaje automático constituye un enfoque específico que permite a los modelos identificar patrones y mejorar su desempeño a partir de datos, pero no equivale al concepto general de IA. En este sentido, la IA se concibe como una forma de inteligencia no emocional orientada al procesamiento y síntesis de información, diferenciándose de la creatividad y la experiencia humana. (Velázquez et al., 2026).

Los mercados digitales y la gestión informativa en las empresas han experimentado transformaciones significativas derivadas del desarrollo acelerado del aprendizaje automático. En la actualidad, las organizaciones no solo concentran grandes volúmenes de datos, sino que emplean técnicas de análisis predictivo y mecanismos de automatización para optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficiencia operativa, elementos que contribuyen a la generación de ventajas competitivas en entornos caracterizados por alta volatilidad. Más allá de los indicadores financieros, la literatura ha documentado que la incorporación de estas tecnologías influye en la cultura organizacional, pues la integración de sistemas adaptativos y personalizados se asocia con incrementos en la productividad y con un fortalecimiento del compromiso y la permanencia del talento humano (Janiesch et al., 2021).

En el emprendimiento social, el aprendizaje automático representa un cambio de paradigma; permite diseñar intervenciones mucho más precisas y, sobre todo, escalables ante crisis complejas en sectores vulnerables. No obstante, este potencial tecnológico no puede separarse de un análisis ético riguroso. Aplicar estas herramientas sin considerar la calidad de los datos o las barreras de acceso actuales supone un riesgo real: en lugar de solucionar carencias, se corre el peligro de que la tecnología actúe como un catalizador que profundice las brechas de desigualdad ya presentes en esos entornos (Janiesch et al., 2021).

En consecuencia, su potencial transformador dependerá no solo de su desarrollo técnico, sino de su integración responsable dentro de estrategias orientadas al impacto social sostenible.

La capacidad de estos sistemas para resolver problemas complejos se basa en modelos analíticos que generan predicciones, reglas, recomendaciones o resultados similares. En sus inicios, dichos modelos se construían mediante programación explícita de relaciones y procedimientos, como en los sistemas expertos aplicados al diagnóstico médico (Russell y Norvig, 2021). Sin embargo, el acceso a grandes volúmenes de datos y a mayor potencia informática ha permitido que los modelos actuales se desarrollen principalmente a través del aprendizaje automático (Brynjolfsson y McAfee, 2017; Goodfellow et al., 2016), liberando al ser humano de la necesidad de formalizar su conocimiento en formatos rígidos y facilitando la creación de sistemas inteligentes más eficientes.

En sus primeras etapas, la investigación se concentró en representaciones formales del conocimiento mediante lenguajes estructurados que facilitaban la realización de inferencias lógicas automatizadas. Este paradigma, ampliamente documentado por Goodfellow y otros autores, mostró limitaciones al intentar codificar el conocimiento tácito humano, lo que restringió su aplicabilidad en tareas complejas (Janiesch et al., 2021).

Sistemas Expertos

Los sistemas expertos constituyen una de las primeras aplicaciones funcionales de la inteligencia artificial. Se diseñaron para emular, de manera acotada, el desempeño de especialistas humanos en dominios específicos mediante la reproducción de procesos de análisis y resolución de problemas. Estos sistemas funcionan como un puente entre el conocimiento especializado y las necesidades del usuario, ofreciendo respuestas fundamentadas con bases de conocimiento estructuradas. Además de su función resolutoria, diversos estudios señalan que estos sistemas pueden tener un valor formativo: al interactuar con la lógica del sistema, el usuario incorpora criterios especializados y desarrolla una comprensión más estructurada del proceso de análisis (Castro et al., 2022).

Los sistemas expertos conforman una de las primeras aplicaciones funcionales de la IA. Se diseñaron para emular el desempeño de especialistas humanos en ámbitos específicos, reproduciendo su habilidad de análisis y resolución de problemas. Se presenta como un vínculo entre la experiencia del especialista y las demandas de quien los consulta, estos sistemas logran entregar resultados con una solvencia técnica muy similar a la de un experto humano. Este desempeño se sustenta en bases de conocimiento robustas y motores de inferencia capaces de procesar datos para derivar en sugerencias o decisiones concretas. Resulta interesante notar que su implementación no solo resuelve problemas, sino que también sirve como una herramienta pedagógica: el usuario termina asimilando criterios especializados al interactuar con la lógica operativa del sistema (Castro et al., 2022).

Según Márquez (2004), los sistemas expertos muestran gran eficiencia en contextos donde se requiere procesar enormes volúmenes de información y transformarlos en interpretaciones indispensables para la toma de decisiones. Estos sistemas también se aplican en la detección de fallos dentro de infraestructuras informáticas y en la predicción de escenarios futuros, como ocurre en la meteorología, los mercados bursátiles o la exploración geológica con herramientas como Prospector. Asimismo, su uso resulta crucial en entornos que requieren control constante y toma de decisiones en tiempo real, como fábricas, plantas químicas o instalaciones nucleares, donde la precisión y la rapidez son indispensables para garantizar la seguridad y la eficiencia operativa (Márquez, 2004). En ese sentido para Turban, citado por Macías, García y Aguirre (2021), un Sistema Experto es un sistema que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos. Los Sistema Experto también pueden ser utilizados como asistentes por expertos.

Revisión y análisis de caso de estudio

Los postulados del modelo Framework for Enabling Empowerment (FrEE) y en las prácticas desarrolladas por Instituto Mexicano de Investigación de Familia y Población (IMIFAP) plantea una actualización del componente de productividad orientándolo hacia la integración del emprendimiento social y la innovación tecnológica como ejes estratégicos para el desarrollo de las personas. Tal como se señala, implica no solo una adecuación conceptual, sino también una reconfiguración de las formas en que se generan capacidades en contextos sociales diversos (Marín y Rivera, 2014).

A partir de lo anterior, resulta necesario identificar la vigencia y el alcance del modelo FrEE en su formulación actual, especialmente frente a las transformaciones asociadas a la digitalización, la persistencia de la desigualdad y el surgimiento de nuevas formas de organización social. En este proceso, se evalúan componentes concretos del modelo, como su enfoque de productividad, los mecanismos de generación de capacidades y la pertinencia de sus estrategias de empoderamiento en contextos contemporáneos. De acuerdo con Marín y Rivera (2014), muestran que limitar su aplicación a esquemas tradicionales de productividad podría reducir su potencial de impacto frente al dinamismo de la innovación tecnológica y al desarrollo de nuevas prácticas sociocomunitarias.

Desde una perspectiva crítica, la actualización del modelo no debe entenderse únicamente como un ajuste instrumental, sino como una revisión profunda de sus supuestos epistemológicos y operativos. La incorporación del emprendimiento social y la innovación tecnológica, tal como se plantea, abre la posibilidad de transitar hacia enfoques más flexibles, capaces de responder a problemáticas complejas mediante soluciones contextualizadas y sostenibles. Sin embargo, este proceso también

implica reconocer tensiones inherentes, como la brecha digital, las asimetrías en el acceso a recursos tecnológicos y las diferencias culturales que caracterizan a las comunidades latinoamericanas.

En el caso mexicano, donde coexisten realidades altamente contrastantes, la pertinencia de actualizar el modelo FrEE radica precisamente en su capacidad para adaptarse a contextos heterogéneos sin perder su orientación hacia el desarrollo humano. Esto supone integrar tecnologías inteligentes no como un fin en sí mismo, sino como herramientas que potencien procesos de inclusión, aprendizaje y generación de valor social. De lo contrario, existe el riesgo de reproducir lógicas de exclusión bajo un discurso de innovación (Marín et al., 2014).

Asimismo, en el ámbito latinoamericano, la actualización del modelo podría contribuir a fortalecer iniciativas que ya operan desde el emprendimiento social, pero que requieren marcos conceptuales más robustos para escalar su impacto. En este sentido, el desafío no es menor: se trata de articular conocimiento, tecnología y acción social sin desdibujar las particularidades locales. Por ello, más que sustituir el modelo FrEE, lo que se vislumbra es la necesidad de resignificarlo, incorporando nuevas dimensiones que permitan responder de manera más efectiva a los retos actuales, manteniendo como eje central el desarrollo de las personas y las comunidades.

Desde el punto de vista de Marín y Rivera (2014), indican que se adopta un enfoque constructivista que privilegia la comprensión de las experiencias y significados construidos por los actores involucrados. Para ello se desarrolló un análisis de estudios de caso centrados en emprendedores sociales del ámbito francófono que hayan incorporado soluciones tecnológicas innovadoras, utilizando entrevistas en profundidad y aproximaciones etnográficas de corta duración en espacios como laboratorios de innovación, organizaciones sociales o redes colaborativas, lo cual permitió captar dinámicas contextuales y prácticas emergentes.

Este planteamiento abre interrogantes fundamentales sobre la posibilidad de articular simultáneamente la generación de valor económico, la sostenibilidad ambiental, la eficiencia productiva y el desarrollo social sin que estos elementos resulten excluyentes entre sí. Es por eso que el documento muestra que la convergencia entre innovación tecnológica y el emprendimiento social constituye una vía para trascender enfoques asistencialistas y avanzar hacia modelos más autónomos, inclusivos y sostenibles (Marín y Rivera, 2014). La incorporación de tecnologías inteligentes abre nuevas oportunidades para optimizar la toma de decisiones, ampliar el alcance de las soluciones y fortalecer el impacto social, al mismo tiempo que transforma las formas de interacción entre los actores del ecosistema emprendedor.

En continuidad con este planteamiento, se vuelve necesario profundizar en el diagnóstico de los procesos de innovación que emergen en contextos sociales complejos y que demandan enfoques integrales para su comprensión. Por ello resulta indispensable promover la conformación de redes de investigación interdisciplinarias e interinstitucionales capaces de articular una agenda común orientada al desarrollo sostenible de comunidades en condiciones de marginación, tanto en México como en América Latina. El fortalecimiento de redes de colaboración resulta fundamental para promover la generación de conocimiento compartido. Estas redes facilitan la comprensión de los problemas sociales y abordar su complejidad desde perspectivas interdisciplinarias. Esta integración adquiere especial relevancia ante la incorporación de tecnologías inteligentes, cuya adopción no puede restringirse únicamente a competencias técnicas; exige, además, comprender las dinámicas

económicas, culturales y territoriales que condicionan su implementación. En consecuencia, el análisis de la innovación debe evitar aproximaciones simplificadas y adoptar un enfoque de complejidad que reconozca la interdependencia entre los distintos factores del desarrollo social (Marín et al., 2014).

Este enfoque incorpora tecnologías inteligentes que aportan beneficios que trascienden la mejora operativa y fundamental para los procesos de toma de decisiones en el emprendimiento social. Al utilizar herramientas avanzadas de análisis de datos y plataformas colaborativas, las organizaciones no solo fortalecen el rigor en el manejo de información, sino que adquieren la capacidad de anticipar escenarios y planificar intervenciones con mayor precisión. Desde esta perspectiva, la integración tecnológica contribuye a formular intervenciones más estratégicas y contextualizadas, tal como señalan Marín y Rivera (2014).

Este mismo enfoque integra tecnologías inteligentes ofreciendo ventajas que elevan la simple eficiencia en las operaciones; su verdadero valor radica en cómo transforman la rapidez y la precisión con la que se toman decisiones en el emprendimiento social. Al aprovechar herramientas de análisis de datos y plataformas colaborativas, las organizaciones no solo logran un manejo de información más riguroso, sino que adquieren la capacidad de adelantarse a posibles escenarios. Esto permite identificar tendencias críticas y diseñar intervenciones mucho más estratégicas en entornos sociales donde la complejidad es la norma (Marín y Rivera, 2014).

La incorporación de tecnologías inteligentes transforma las formas de interacción dentro del ecosistema emprendedor, modificando las relaciones entre organizaciones sociales, empresas privadas, instituciones académicas y comunidades. Este cambio no solo redefine los vínculos existentes, sino que también fomenta dinámicas más horizontales y participativas, en las que el conocimiento se construye colectivamente.

En consecuencia, el aprovechamiento estratégico de las tecnologías inteligentes no solo amplía las capacidades operativas del emprendimiento social, sino que también contribuye a consolidar modelos de intervención más adaptativos, inclusivos y orientados al impacto, en coherencia con los desafíos contemporáneos del desarrollo social.

En este escenario, la convergencia entre emprendimiento social, innovación tecnológica y tecnologías inteligentes adquiere un papel estratégico al facilitar la creación de soluciones adaptativas que promuevan la sostenibilidad, la generación de valor y la inclusión social. De este modo, se transita hacia modelos de desarrollo más equitativos, en los que la tecnología no se concibe únicamente como un recurso instrumental, sino como un medio para potenciar capacidades locales y fortalecer la participación de las comunidades en la construcción de su propio bienestar.

La digitalización de las organizaciones de la sociedad en América Latina y el Caribe debe analizarse considerando que la región presenta niveles relativamente bajos de digitalización en comparación con otros continentes. El documento indica que aproximadamente el 75% de la población utiliza internet, aunque persisten brechas significativas de infraestructura digital (Herrero, 2002). Por su parte, la Fundación Telefónica (2023) sugiere evaluar el grado de digitalización a través de indicadores como la banda ancha fija, la banda ancha móvil y el porcentaje de población usuaria de internet, evidenciando que aún existen rezagos importantes.

En este escenario, como menciona Herrero (2002), las redes sociales entre ellas Facebook, Twitter e Instagram se han consolidado como herramientas clave para sensibilizar, movilizar y llevar a cabo campañas de incidencia, permitiendo que las OSC se conecten directamente con audiencias amplias, como lo demuestra ARTICLE 19 México mediante su uso estratégico de Twitter. En este mismo punto, Herrero (2002), indica que las plataformas como Change.org han alcanzado niveles significativos de participación ciudadana, mientras que el crowdfunding mediante DonarOnline, Kickstarter o GoFundMe ofrece alternativas de financiamiento que fortalecen la autonomía programática de las organizaciones, aunque su adopción sigue siendo limitada.

El impacto social y económico generado por la pandemia de COVID-19 obligó a las empresas a replantear sus estrategias, acelerando la transformación digital. En México, el 85.5% de las empresas reportó impactos derivados de la crisis, principalmente reflejados en la disminución de ingresos y en la caída de la demanda. El acceso a internet se incrementó de manera notable, alcanzando los 84.1 millones de usuarios, aunque todavía existe una brecha digital que deja fuera a cerca de 34 millones de personas (Guzmán, Martín, y Suárez, S/F).

En ese mismo orden de ideas, las videoconferencias se generalizaron y las pequeñas y medianas empresas comenzaron a reconocer la transformación digital como una alternativa estratégica para sostener sus operaciones y responder con mayor agilidad a los cambios del entorno. Incluso en economías sólidas, la pandemia puso en evidencia vulnerabilidades en el suministro de bienes esenciales, lo que resaltó la fragilidad de los modelos tradicionales cuando no existe una adecuada gestión de la información. En este escenario, las organizaciones recurrieron a herramientas digitales para mantener sus actividades mediante comercio electrónico y la gestión remota de procesos productivos, reforzando así la necesidad de estrategias flexibles que fortalezcan las capacidades digitales en un contexto incierto (Guzmán et al., S/F)

Conclusión

En este contexto, la incorporación de tecnologías inteligentes como el análisis de datos, la inteligencia artificial y las plataformas digitales colaborativas ha potenciado significativamente el alcance y la efectividad del emprendimiento social. Estas herramientas permiten identificar problemáticas sociales con mayor precisión, optimizar la asignación de recursos y diseñar soluciones escalables que trascienden las limitaciones geográficas. De igual forma, facilitan la creación de ecosistemas digitales que promueven la participación activa de múltiples actores, fortaleciendo redes de colaboración orientadas al impacto social (Marín y Rivera, 2014).

Por lo que se identifica que la articulación entre emprendimiento social, Empresas B y tecnologías inteligentes está transformando los modelos de negocio al permitir soluciones más adaptativas, inclusivas y contextualizadas; además, evidencia que la digitalización y el aprendizaje automático redefinen la toma de decisiones y la generación de capacidades en organizaciones sociales.

Un aspecto relevante es que estas tecnologías no solo amplían la capacidad de diagnóstico y respuesta, sino que también permiten generar indicadores de impacto en tiempo real. Por ejemplo, el uso de sistemas de análisis predictivo facilita la identificación de comunidades en riesgo y la anticipación de necesidades sociales, mientras que las plataformas de crowdfunding digital canalizan

recursos hacia proyectos comunitarios con mayor transparencia y alcance. De esta manera, la innovación social se ve reforzada por la capacidad tecnológica de medir, evaluar y escalar iniciativas de manera más eficiente.

En consecuencia, la convergencia entre innovación social y tecnologías inteligentes configura un espacio dinámico de transformación, en el que se reestructuran tanto los servicios ofrecidos como los roles de los distintos actores sociales. No solo se potencia el emprendimiento social, sino que mejora la creación de modelos que son, por naturaleza, más sostenibles y capaces de evolucionar según las demandas. Sin embargo, avanzar en esta dirección implica resolver dilemas éticos y operativos que no pueden ignorarse. Resulta importante garantizar que los datos de las comunidades estén protegidos, asegurar que la tecnología llegue realmente a los sectores más desfavorecidos y mantener una transparencia absoluta en la administración de los recursos para consolidar la confianza en estos proyectos (Marín y Rivera, 2014). La integración de estas dimensiones asegura que la innovación social apoyada en tecnologías inteligentes no solo sea eficaz, sino también justa y responsable.

En ese sentido, el estudio cumple con el objetivo planteado porque desarrolla un análisis crítico y contextualizado del modelo FrEE frente a los procesos contemporáneos de digitalización, innovación tecnológica y transformación del emprendimiento social. Demuestra cómo la integración de tecnologías inteligentes y enfoques de emprendimiento social fortalece la generación de capacidades, amplía el impacto social y permite responder de manera más efectiva a los desafíos actuales del desarrollo humano en América Latina.

De este análisis se derivan implicaciones relevantes para el diseño de políticas públicas, la reducción de brechas digitales, la adopción ética de tecnologías y la construcción de redes interdisciplinarias que permitan escalar iniciativas de impacto social. No obstante, presenta limitaciones asociadas al uso predominante de literatura y estudios de caso específicos, así como a la dependencia de factores estructurales como conectividad e infraestructura que condicionan la adopción tecnológica.

Finalmente, se recomienda investigación futura orientada a estudios empíricos sobre la implementación de tecnologías inteligentes en comunidades vulnerables, la evaluación del impacto real de las Empresas B en la región y el desarrollo de metodologías que midan cómo la digitalización transforma capacidades, productividad y empoderamiento social.

Disponibilidad de datos

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Fuente de financiamiento

Este estudio no fue financiado por ninguna organización.

Declaración sobre la IA generativa

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en ninguna etapa de este estudio

Referencias

- Castro, R. J. C., Muñiz, J. J. C., Castro, M. I. R., y Quintero, Y. C. (2022). La inteligencia artificial y sus diferencias con los sistemas expertos. *Journal TechInnovation*, 1(2),88-96. <https://revistas.unesum.edu.ec/JTI/index.php/JTI/article/view/23>
- Cortés, M., y Iglesias, M. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México: Universidad Autónoma del Carmen. https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). Tecnologías digitales para un nuevo futuro. *Agenda digital para América Latina Y el Caribe*, 5,27. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>
- Jiovila, R., Alvarado, A., y Zazueta, M. (2025). Emprendimiento social: una perspectiva de negocios para la paz. *RA XIMHAI*, 67-90. <https://doi.org/10.35197/rx.21.01.2025.03.rj>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2025). La Inteligencia Artificial y su impacto en el bienestar social. <https://www.fecyt.es/publicaciones/la-inteligencia-artificial-y-su-impacto-en-el-bienestar-social>
- Gambaro, E., y García L., L. (2021). Empresas B: Una gestión estratégica apoyada en el conocimiento. *Actualidad Contable FACES*, 1(42), 125-149. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/actualidadcontable/article/view/17099>
- Ganascia, J.-G. (2018). Inteligencia artificial: entre el mito y la realidad. *El correo de la UNESCO*, 7-9. <https://courier.unesco.org/es/articles/inteligencia-artificial-entre-el-mito-y-la-realidad>
- Guzmán, H., Martín, E., y Suárez, M. (s.f.). Memorias del Segundo Coloquio Internacional de Innovación en las organizaciones y desarrollo económico social. Obtenido de Memorias del Segundo Coloquio Internacional de Innovación en las organizaciones y desarrollo económico social: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://ediciones.ux.edu.mx/index.php/repositorio/catalog/download/zenodo.11983004/2/462?inline=1>
- Hernández, R., Fernández, C., y Batista, L. (2014). Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill.
- Herrero, J. (2002). Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe. Obtenido de Lacnic: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.lacnic.net/innovaportal/file/7215/1/version-final-joaquin-herrero.pdf>
- Janiesch, C., Zschech, P., y Heinrich, K. (2021). Aprendizaje automático y aprendizaje profundo: C. Janiesch et al. *Mercados electrónicos*, 31 (3), 685-695. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Heredía, G.,Chávez, V., Torres, L. y Díaz, R. (2025). La inteligencia artificial en la investigación científica: una revisión sistemática trienal.1-9. *Revista InveCom* <https://www.revistainvecom.org/index.php/invecom/article/view/4141>
- Macías Merizalde, A. M., García Valdivia, Z. Z., y Aguirre Chacha, B. P. (2021). Prototipo de Sistema Experto basado en reglas para determinar el coeficiente intelectual en estudiantes universitarios. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 62-69.
- Marín, A., y Rivera, I. (2014). Revisión teórica y propuesta de estudio sobre el emprendimiento social y la innovación tecnológica. *Acta Universitaria*, 24 (1), 48-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41648308005>

- Márquez, J. S. (2004). Introducción a los sistemas expertos. Consultado en Revista Bibliotecas [En línea] Disponible en, 6(03), 2004. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w21782w/Introduccion%20a%20los%20Sistemas%20Expertos.pdf>
- Minga López, D., Carrillo Cueva, C., y Flores Ruiz, D. (2022). Emprendimiento social: un análisis bibliométrico y revisión de literatura. <https://dx.doi.org/10.5209/REVE.84390>
- Naval, U. (2005). Metodología de la Investigación. México: Universidad Naval. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). El comercio electrónico debería ser más ambientalista sostenible. Informe sobre la economía digital, 12-13. <https://unctad.org/es/publication/informe-sobre-la-economia-digital-2024>
- Puc, J., Escoffie, H., y Rogel, N. (2021). Metodología de la Investigación. México: Colegio de Bachilleres del Estado de Quintana Roo. https://www.cobaqroo.edu.mx/paginaweb2021/Descargas/CUADERNILLOS_2022/1-Semestre/Metodologi%CC%81aInv.pdf
- Velazquez, C., De la O, I., Camacho, A., Dominguez, L., y Marcelino, M. (2026). Inteligencia artificial, su regulación en la investigación científica, caso México. Tecnología en Marcha, 41-50. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/8512/8291

Inteligencia artificial generativa y pensamiento crítico: transformaciones en la práctica docente y el aprendizaje

Generative artificial intelligence and critical thinking: transformations in teaching practice and learning

Pavel David Ulises Avendaño López

Instituto Tecnológico de Milpa Alta/ Tecnológico Nacional de México

pavel.al@milpaalta.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1536-1784>

Cynthia Figueroa Anzures

Universidad Nacional Rosario Castellanos

figueroa.cynthia255@rcastellanos.cdmx.gob.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0824-2683>

Vianey Ríos Romero

Instituto Tecnológico de Milpa Alta/ Tecnológico Nacional de México

vianey_rios@itmilpaalta.edu.mx

<http://orcid.org/0000-0002-1212-5439>

Yearim Medina Molina

Instituto Tecnológico de Milpa Alta/ Tecnológico Nacional de México

memoye227@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-4128-2524>

Disciplina: Educación tecnológica

Resumen

El Tecnológico Nacional de México (TecNM) se ha consolidado como el principal sistema de educación superior tecnológica del país. Su modelo educativo articula ciencia, tecnología y pedagogía, incorporando la multimodalidad y la innovación socio-tecnológica como respuesta a los desafíos del siglo XXI. En este mismo sentido, la formación ofrecida sobrepasa la simple transferencia de conocimientos y se alinea hacia la pertinencia social, el compromiso comunitario y la justicia social. Dentro de este marco, el pensamiento crítico se registra como una competencia clave para el desarrollo integral del estudiantado, entendida como la capacidad de analizar, reflexionar y actuar de manera fundamentada, integrando tanto habilidades cognitivas como disposiciones intelectuales tales como la apertura, la curiosidad y la humildad intelectual. De forma similar, la incursión de la Inteligencia Artificial Generativa (IA Gen) ha ampliado las posibilidades educativas al facilitar la creación de contenidos, simulaciones y entornos de aprendizaje innovadores. Sin embargo, su verdadero potencial emerge solo cuando se utiliza de forma crítica, reflexiva y ética. Este capítulo se desarrolla bajo un enfoque metodológico cualitativo-descriptivo, complementado con encuestas espejo y proyectos aplicados en áreas STEM. Los resultados evidencian que la combinación intencionada de la IA Gen con el pensamiento crítico constituye una estrategia pertinente para enfrentar el rezago educativo, reducir la brecha digital y vincular la formación académica con la

atención de problemáticas comunitarias. De esta manera, se refuerzan los ejes institucionales del TecNM relacionados con la inclusión, la innovación, la transformación digital y la pertinencia social.

Palabras clave: STEM, pensamiento crítico, Inteligencia artificial, comunidad

Abstract

The Tecnológico Nacional de México (TecNM) has consolidated itself as the largest system of technological higher education in the country. Its educational model integrates science, technology, and pedagogy, incorporating multimodality and socio-technological innovation as a response to the challenges of the twenty-first century. Within this framework, education extends beyond the transmission of knowledge and is oriented toward social relevance, community engagement, and social justice. In this context, critical thinking is recognized as a key competency for students' comprehensive development, understood as the capacity to analyze, reflect, and act in a well-grounded manner by integrating cognitive skills with intellectual dispositions such as openness, curiosity, and intellectual humility. At the same time, the emergence of Generative Artificial Intelligence (GenAI) has expanded educational possibilities by enabling the creation of content, simulations, and innovative learning environments. However, its full potential only emerges when it is used in a critical, reflective, and ethical way. This chapter adopts a qualitative-descriptive methodological approach, complemented by mirror surveys and applied projects in STEM areas. The findings show that the intentional integration of GenAI with critical thinking constitutes a relevant strategy to address post-pandemic educational lag, reduce digital divides, and link academic training with the analysis and solution of community-based problems. In doing so, the study reinforces TecNM's institutional axes related to inclusion, innovation, digital transformation, and social relevance.

Keywords: STEM, critical thinking, artificial Intelligence, community

Introducción

El Tecnológico Nacional de México, con más de sesenta años de historia, se ha posicionado como el sistema de educación superior tecnológica más amplio del país. Para el año 2025, atiende a más de 573 000 estudiantes distribuidos en 248 institutos y centros especializados, consolidando un proyecto educativo de alcance nacional (TecNM, 2025). Más allá de su cobertura, el TecNM destaca por su capacidad de adaptación e innovación, impulsando modelos educativos que buscan precisar la relación entre la formación universitaria y el contexto profesional.

Esta orientación se refleja tanto en sus programas de educación dual como en su oferta académica, que abarca áreas estratégicas como ingeniería, administración, tecnologías de la información, logística, turismo y animación digital, entre otras. A ello se suma el fortalecimiento de posgrados en modalidad virtual, enfocados en campos emergentes como Inteligencia Artificial, sostenibilidad, educación y liderazgo institucional (TecNM, 2026).

El modelo educativo del TecNM no se limita a preparar profesionales técnicamente competentes, sino que apuesta por una formación integral basada en la multimodalidad y la innovación socio-tecnológica, con el propósito de favorecer activamente al desarrollo social del país. En este

sentido, la articulación entre ciencia, tecnología, humanidades y pedagogía se convierte en un eje central para responder a los retos económicos, sociales y ambientales de México en el siglo XXI.

Pensamiento crítico

El pensamiento crítico ocupa un lugar central en los procesos educativos contemporáneos, especialmente en los niveles de educación media superior y superior. Muñoz-Rengifo (2019) lo define como el conjunto de funciones intelectuales orientadas a analizar, evaluar y clarificar problemas, con el objetivo de que los estudiantes desarrollen juicios propios y tomen decisiones bien fundamentadas. Desde esta perspectiva, la enseñanza debe generar espacios de diálogo, reflexión y análisis donde se valoren distintas posturas, siempre sustentadas en argumentos coherentes.

Rivas (2012) amplía esta noción al distinguir dos enfoques del pensamiento crítico: uno centrado en la argumentación teórica y otro orientado a la acción. Este último enfatiza que pensar críticamente no basta si no se traduce en decisiones e intervenciones concretas, capaces de transformar la realidad. Así, el pensamiento crítico implica conocer, planear, decidir, reflexionar e intervenir de manera consciente y responsable.

Dewey (1933) concibe el pensamiento crítico como una reflexión activa encaminada a decidir qué creer y cómo actuar. Esta visión se complementa con la propuesta de Facione (1990), quien señala la existencia de dos dimensiones inseparables: por un lado, las habilidades cognitivas —interpretar, analizar, evaluar, inferir y autorregular— y, por otro, las disposiciones intelectuales, como la apertura mental, la curiosidad y la humildad intelectual, que permiten ejercer dichas habilidades de forma ética y reflexiva.

Desde el enfoque institucional del TecNM, formar ciudadanos críticos implica preparar personas capaces de analizar su entorno, cuestionar prácticas establecidas y proponer alternativas viables orientadas al bien común (Vendrell, 2020). En este sentido, el pensamiento crítico no se reduce a emitir juicios racionales, sino que se manifiesta como una actitud comprometida con la sostenibilidad, la justicia social y la responsabilidad ética en el ejercicio profesional.

Inteligencia artificial generativa

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) se ha colocado como una de las áreas más relevantes dentro del desarrollo actual de la inteligencia artificial, principalmente por su capacidad para producir contenidos originales a partir del análisis de un volumen muy grande de datos (Goodfellow et al., 2014; 2024). Organizaciones como IBM la describen como una tecnología preparada para generar texto, imágenes, audio, video o incluso código computacional a partir de instrucciones, conocidas como “prompts”, proporcionadas por los usuarios (Stryker & Scapicchio, s. f.).

De forma complementaria, AWS (s. f.) señala que la IAGen permite crear narraciones, simulaciones, representaciones visuales y soluciones complejas en distintos campos del conocimiento, incluyendo ciencias naturales, matemáticas e ingeniería. Autores como Cortés Hernández (2024) y Ramos (2024) coinciden en que el rasgo distintivo de esta tecnología radica en su capacidad para producir nuevos contenidos a partir de información preexistente, lo que la convierte en una herramienta con alto potencial educativo.

En el ámbito educativo, la IAGen ha abierto nuevas posibilidades que van más allá de la automatización de tareas. Sus aplicaciones actuales abarcan desde el apoyo a la investigación hasta la creación de recursos didácticos y entornos de aprendizaje personalizados. No obstante, su incorporación exige fortalecer el pensamiento crítico del estudiantado, ya que solo a través del análisis, la interpretación y la reflexión es posible evitar un uso acrítico o meramente instrumental de estas herramientas.

Pensamiento crítico con inteligencia artificial generativa

La unificación de la IAGen con el pensamiento crítico representa una coyuntura estratégica para renovar las técnicas de enseñanza-aprendizaje, especialmente tras el impacto del rezago educativo concebido por la pandemia de COVID-19. Como señala Quijano Cruz (2025), la educación STEM requiere enfoques transversales que integren ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas e incluso las artes, acompañados de una actualización curricular y docente acorde con los entornos digitales actuales.

El pensamiento crítico permite analizar la información generada por la IA, evaluar su pertinencia y tomar decisiones informadas frente a problemas complejos. De este modo, diversas investigaciones coinciden en que el uso guiado de tecnologías emergentes, combinado con metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, contribuye al desarrollo de habilidades críticas, colaborativas y creativas (Delgado Carreño, 2025; Sosa Cortez, 2025).

Desde esta perspectiva, la IAGen no sustituye el pensamiento crítico, sino que lo fortalece cuando se integra de manera reflexiva en contextos educativos reales, vinculando el aprendizaje con la solución de problemáticas comunitarias y sociales.

Metodología

El presente capítulo se desarrolla a partir de un diseño metodológico de carácter cualitativo con apoyo descriptivo-cuantitativo, elegido por su pertinencia para analizar prácticas, experiencias y percepciones afines con el desarrollo del pensamiento crítico en argumentos STEM. El interés principal no se centra en establecer relaciones causales, sino en comprender cómo la incorporación de la Inteligencia Artificial Generativa y ciertas estrategias pedagógicas influyen en la forma en que estudiantes y docentes interpretan, aplican y valoran el conocimiento en áreas como química, matemáticas, física y computación.

Para lograr este propósito, se adoptó una estrategia de triangulación metodológica que integró tres fuentes complementarias de evidencia. En primer lugar, se llevó a cabo una investigación y análisis de artículos científicos publicados entre 2024 y 2026, seleccionados por su afinidad con los ejes de inclusión, innovación, transformación digital y pertinencia social promovidos por el Tecnológico Nacional de México. Este análisis permitió identificar tendencias, enfoques conceptuales y experiencias educativas relevantes para el fortalecimiento del pensamiento crítico en entornos STEM.

En segundo término, se incorporaron estudios de caso provenientes de proyectos aplicados, desarrollados tanto en el aula como en escenarios de práctica profesional. Experiencias como Thermonator en asignaturas de Termodinámica, el uso de GeoGebra apoyado por Inteligencia Artificial en cálculo diferencial, la creación de medios multimodales dirigidos a estudiantes neurodivergentes y

el diseño de plataformas educativas multimodales permitieron observar cómo la innovación tecnológica se materializa en prácticas pedagógicas concretas. Estos casos aportan evidencia empírica sobre la manera en que la tecnología, cuando se integra de forma reflexiva, favorece la multimodalidad, la inclusión y el pensamiento crítico.

Finalmente, se aplicó una encuesta espejo a docentes y estudiantes del Instituto Tecnológico de Milpa Alta, considerada un componente central del estudio. El instrumento se diseñó con base en la taxonomía de Bloom y se estructuró en tres dimensiones —conceptual, actitudinal y procedimental—, lo que permitió comparar percepciones sobre la mejora del pensamiento crítico, la incorporación de prácticas STEM y el uso de herramientas digitales y/o IAGen. Se obtuvieron un total de 155 respuestas de estudiantes y 18 de docentes, proporcionando un panorama representativo de las prácticas educativas analizadas.

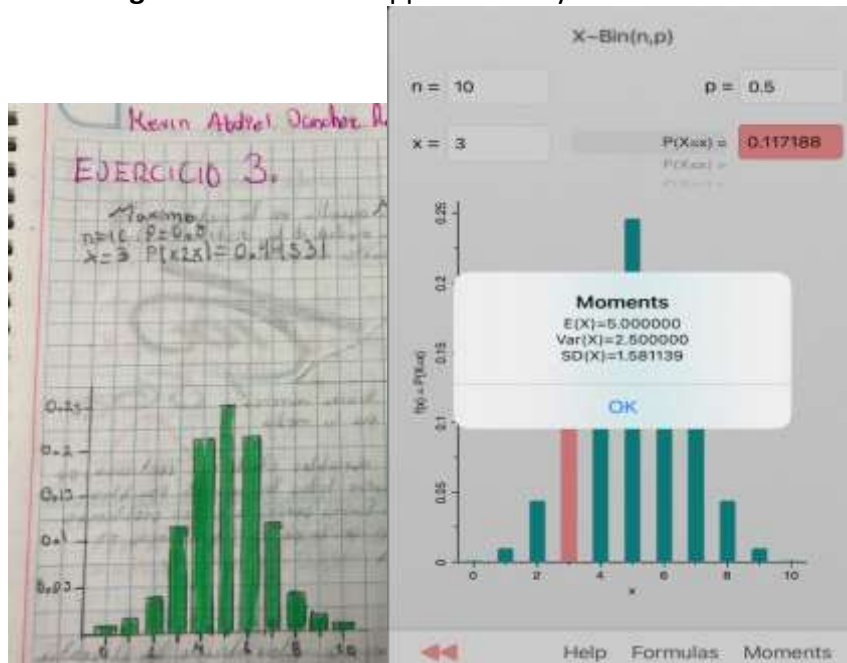
Resultados

Los resultados se muestran organizados por áreas STEM —Ciencias, Tecnología/Computación, Ingeniería y Matemáticas— con el propósito de evidenciar cómo cada disciplina contribuye, desde sus particularidades, a la mejora del pensamiento crítico. Esta organización facilita el análisis comparativo de las dimensiones conceptual, actitudinal y procedimental, así como su vinculación con los ejes institucionales del TecNM y los principios de la Agenda 2030.

Área de Ciencias

En el área de Ciencias, los resultados muestran que el uso de aplicaciones móviles y herramientas de IA contribuye a que los estudiantes comprendan fenómenos que tradicionalmente resultan abstractos, como los relacionados con la probabilidad y el análisis de variables aleatorias. Desde una perspectiva conceptual, la posibilidad de visualizar procesos en tiempo real facilita la construcción de significados y reduce la distancia entre el bosquejo teórico y su aplicación práctica, como se observa en la Figura 1, correspondiente a la interfaz de la aplicación Probability distribution (Avendaño-López, 2024).

Figura 1. Interfaz de app Probability distribution



Fuente(s): Avendaño-López, 2024.

En el plano actitudinal, estas experiencias favorecen una disposición más activa hacia el cuestionamiento y la reflexión, ya que los estudiantes comienzan a relacionar los fenómenos científicos con situaciones cotidianas que implican riesgo, incertidumbre o toma de decisiones informadas. De este modo, la ciencia deja de percibirse como un conjunto de fórmulas aisladas y se reconoce como una herramienta para comprender y actuar sobre el entorno social y ambiental.

La dimensión procedimental evidencia que la integración de simulaciones apoyadas por IA permite aplicar los conocimientos adquiridos en escenarios prácticos, fortaleciendo habilidades de análisis, creatividad y propuestas de resolución. En conjunto, el área de Ciencias se configura como un espacio formativo donde el pensamiento crítico se desarrolla mediante la articulación entre comprensión conceptual, reflexión contextualizada y acción fundamentada.

Área de Tecnología y Computación

En Tecnología y Computación, los resultados confirman que la IAGen funciona como un catalizador de nuevas formas de enseñar y aprender. Conceptualmente, la IA no se limita a automatizar procesos, sino que amplía las posibilidades de análisis, síntesis y organización del conocimiento, ver Figura 2, que muestra el uso de Meta AI y TinkerCAD (Avendaño-López, 2024; Olivos-Barranco, 2025)

Figura 2. Instrucción con Meta AI y Dibujo en TinkerCAD



Fuente(s): Avendaño-López, 2024 & Olivos-Barranco, 2025 (Olivos-barranco, 2025)

Desde el punto de vista actitudinal, los proyectos vinculados a plataformas multimodales promueven una reflexión crítica sobre la accesibilidad, la equidad y las barreras tradicionales en el aprendizaje. Estas experiencias estimulan una conciencia más clara sobre el desarrollo social de la tecnología y la necesidad de construir entornos educativos inclusivos.

En términos procedimentales, la IAGen permite ofrecer recursos adaptativos, simulaciones y apoyos personalizados que fortalecen las competencias de los estudiantes para analizar información, colaborar y resolver problemas en contextos digitales complejos. Así, la tecnología se consolida como un medio para el progreso del pensamiento crítico cuando se emplea de manera intencionada.

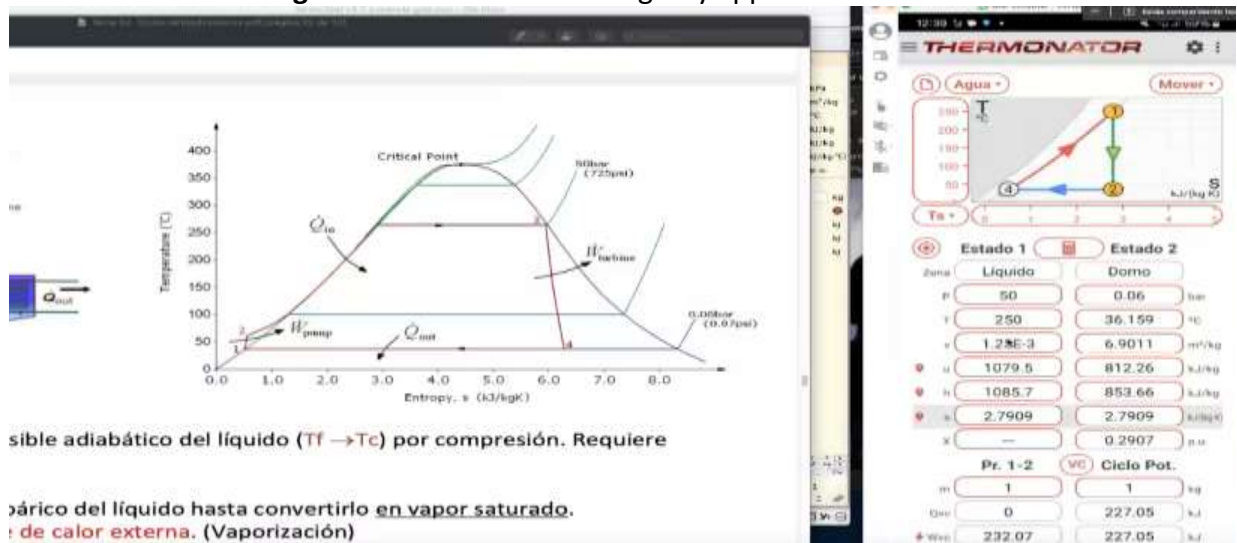
Área de Ingeniería

En el área de Ingeniería, los resultados evidencian que la combinación de proyectos aplicados y análisis académico favorece una comprensión más amplia del ejercicio profesional. Desde la dimensión conceptual, los estudios revisados subrayan que la formación en ingeniería cobra mayor sentido cuando se vincula con las necesidades productivas y comunitarias.

La dimensión actitudinal refleja una disposición creciente a cuestionar modelos tradicionales y a reconocer el impacto social de las decisiones técnicas. Esta postura crítica se alinea con el enfoque institucional del TecNM y con la formación de ingenieros socialmente responsables.

La dimensión procedimental se ejemplifica con el proyecto Thermonator, que permite simular el funcionamiento de un motor Stirling mediante aplicaciones digitales, como se observa en la Figura 3. Estas experiencias posibilitan que los estudiantes experimenten, analicen escenarios y tomen decisiones fundamentadas, integrando teoría, práctica e innovación tecnológica.

Figura 3. Interfaz de Thermograf y app Thermonator

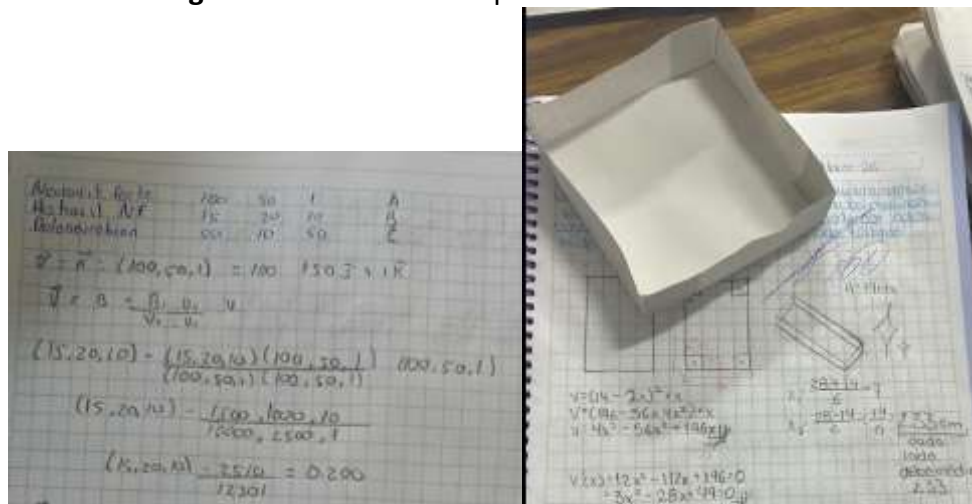


Fuente(s): Elaboración propia, 2026

Área de Matemáticas

En Matemáticas, los resultados muestran que la incorporación de estrategias STEM apoyadas por Inteligencia Artificial contribuye a atender el rezago académico acentuado tras la pandemia. Conceptualmente, los proyectos analizados facilitan que los estudiantes comprendan fundamentos matemáticos al situarlos en contextos reales, tal como se ilustra en la Figura 4, correspondiente a actividades de cálculo diferencial.

Figura 4. Actividad STEM para calculo diferencial



Fuente(s): Elaboración propia, 2026.

Desde la dimensión actitudinal, se observa que estas prácticas fortalecen la confianza y la disposición a cuestionar, especialmente en estudiantes con trayectorias académicas irregulares. El pensamiento crítico emerge, así como un recurso que favorece la equidad educativa y la comprensión del valor social de las matemáticas.

Procedimentalmente, el uso de aplicaciones digitales e IA proporciona retroalimentación inmediata y escenarios de práctica que fortalecen las competencias del análisis, la toma de decisiones y el trabajo colaborativo, contribuyendo a la formación de comunidades de aprendizaje más reflexivas.

Síntesis de resultados

De manera transversal, los resultados obtenidos en las cuatro áreas STEM coinciden en que el fortalecimiento del pensamiento crítico se ve favorecido cuando la Inteligencia Artificial Generativa se integra de forma intencionada en los procesos educativos. El análisis permite identificar tres niveles complementarios de desarrollo: la comprensión conceptual de los contenidos, la actitud reflexiva frente a su impacto social y la aplicación procedimental del conocimiento en escenarios reales. Esta articulación confirma el potencial de la innovación educativa basada en IA para avanzar hacia una formación más equitativa, sostenible y socialmente pertinente.

Pensamiento crítico en docentes y alumnos

Para analizar la percepción del pensamiento crítico en el contexto educativo del Instituto Tecnológico de Milpa Alta, se aplicó una encuesta a docentes y estudiantes, considerando la participación en proyectos y prácticas STEM como un eje formativo relevante. Este enfoque reconoce que dichas actividades pueden articular distintas áreas del conocimiento —ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas—, favoreciendo el trabajo multidisciplinario y la vinculación del aprendizaje con la resolución de problemáticas propias de la comunidad de la alcaldía Milpa Alta.

Dimensión conceptual (saber)

El análisis de la primera pregunta, presentado en la Tabla 1, permite identificar cómo docentes y estudiantes perciben que las actividades de enseñanza aprendizaje les permiten moldear de manera más efectiva la competencia de la comprensión conceptual de los temas de las materias STEM, más allá de solamente proporcionar actividades que promueven la memorización. En el caso del alumnado, las respuestas se concentran principalmente en las categorías intermedias Algunas veces (35.1 %) y Habitual (34.5 %), lo que sugiere que reconocen el esfuerzo de los docentes, los cuales generan actividades de enseñanza aprendizaje que van encaminados al análisis conceptual de los temas, aunque estos no se perciben como prácticas sistemáticas.

Tabla 1. Comprensión conceptual más allá de la memorización

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
lumnos	2%	6.8%	35.1%	34.5%	21.6%
ocentes	7.8%	11.7%	31.2%	23.4%	26%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Por su parte, los docentes reportan una percepción ligeramente más favorable, con un mayor porcentaje en la categoría Siempre (26 %); no obstante, también reconocen limitaciones al ubicarse en Nada (7.8 %) y Casi nunca (11.7 %). Es decir que consideran que sus actividades son monótonas y sin mayor profundidad al tema. Esta diferencia refleja una brecha moderada entre la intención pedagógica del profesorado y la experiencia percibida por los estudiantes, lo que evidencia la

necesidad de mejorar o capacitarse de una forma distinta con la finalidad de generar estrategias didácticas que consoliden la comprensión conceptual de forma constante e innovadora.

La segunda pregunta, ver tabla 2, indaga sobre la relación que se establece entre las teorías científicas abordadas en el aula y los problemas comunitarios. Tanto estudiantes como docentes sitúan sus respuestas mayoritariamente en Algunas veces y Habitual, lo que indica que la vinculación entre el conocimiento científico y la realidad social está presente, aunque aún no se consolida como una práctica transversal. Estos resultados sugieren que el fortalecimiento del pensamiento crítico requiere una integración más explícita del contenido conceptual con el análisis de problemáticas reales del entorno.

Tabla 2. *Relación de teorías científicas con problemas comunitarios*

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Estudiantes	1.4%	16.2%	33.1%	29.7%	19.6%
Docentes	7.8%	7.8%	39%	26%	19.5%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Esta aparente limitación aparece debido a la falta de información de las comunidades circundantes al plantel. O también por el desinterés y la minimización de la problemática existente. Considerando que no hay una solución en la cual las materias de STEM, puedan mejorar o resarcir la presencia del problema.

Dimensión actitudinal (ser)

La Tabla 3 presenta los resultados relacionados con el estímulo de la curiosidad y la disposición a cuestionar dentro de las clases STEM. En el caso de los estudiantes, las respuestas se concentran nuevamente en niveles intermedios —Algunas veces (37.8 %) y Habitual (31.8 %)—, lo que refleja una percepción de esfuerzos docentes frecuentes, aunque no plenamente consolidados.

Tabla 3. *Estímulo de la curiosidad y disposición a cuestionar.*

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Estudiantes	2%	13.5%	37.8%	31.8%	14.9%
Docentes	5.2%	19.5%	33.8%	18.2%	23.4%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Los docentes, por su parte, indican una mayor presencia de estas prácticas al registrar un 23.4 % en la categoría Siempre; sin embargo, también reconocen áreas de oportunidad al ubicar un porcentaje relevante en Casi nunca (19.5 %). Esta dualidad sugiere que, si bien existe una intención por fomentar actitudes críticas, dichas acciones dependen en gran medida de la asignatura, el contexto o el estilo docente.

Tabla 4. Reflexión sobre el impacto social y ambiental.

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Estudiantes	2%	10.2%	38.8%	29.3%	19.7%
Docentes	6.5%	7.8%	48.1%	23.4%	14.3%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Los docentes, por su parte, indican una mayor presencia de estas prácticas al registrar un 23.4 % en la categoría Siempre; sin embargo, también reconocen áreas de oportunidad al ubicar un porcentaje relevante en Casi nunca (19.5 %). Esta dualidad sugiere que, si bien existe una intención por fomentar actitudes críticas, dichas acciones dependen en gran medida de la asignatura, el contexto o el estilo docente.

Dimensión procedimental (hacer)

La Tabla 5 analiza la integración de prácticas STEM dentro del proceso formativo. Los estudiantes reportan mayoritariamente la categoría Algunas veces (41.2 %), lo que sugiere una participación intermitente en actividades prácticas relacionadas con STEM. En contraste, los docentes muestran una percepción más favorable de su práctica, al concentrar sus respuestas en Algunas veces (42.9 %) y Habitual (26 %). No obstante, destaca que un 11.7 % de los docentes reconoce no implementar este tipo de actividades, superando el porcentaje reportado por los estudiantes (5.4 %).

Tabla 5. Integración de prácticas STEM

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Estudiantes	5.4%	23.6%	41.2%	20.9%	8.8%
Docentes	11.7%	9.1%	42.9%	26%	10.4%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

En relación con el uso de tecnologías y/o IAGen para el desarrollo de habilidades de análisis y resolución de problemas de diversas áreas STEM, en la tabla 6 se muestra que los estudiantes se ubican principalmente en Algunas veces y Habitual (35.8 % en ambos casos). Los docentes, aunque identifican un mayor uso en Siempre (18.2 %), también reconocen limitaciones importantes, reflejadas en los porcentajes de Nada (6.5 %) y Casi nunca (19.5 %). Estos datos evidencian que el uso de tecnologías aún se emplea de manera irregular, lo que reduce su potencial para fortalecer el pensamiento crítico de forma sostenida.

Tabla 6. *Uso de herramientas digitales e IA para resolución de problemas*

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Alumnos	2%	14.2%	35.8%	35.8%	12.2%
Docentes	6.5%	19.5%	40.3%	15.6%	18.2%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Impacto de la IA Generativa

La percepción sobre el impacto de la IAGen en el fortalecimiento del pensamiento crítico se analiza en la Tabla 7. Tanto estudiantes como docentes reconocen su influencia positiva, aunque con diferencias en la frecuencia de uso. Los estudiantes sitúan sus respuestas mayoritariamente en Algunas veces (39.2 %) y Habitual (24.3 %), mientras que los docentes presentan una percepción más favorable al registrar un 19.5 % en la categoría Siempre. Esto sugiere que, aunque la IA generativa es valorada como un recurso relevante, su integración aún no alcanza un uso sistemático.

Tabla 7. *Percepción del fortalecimiento del pensamiento crítico mediante IA Gen*

	Nada (1)	Casi nunca (2)	Algunas veces (3)	Habitual (4)	Siempre (5)
Alumnos	7.4%	18.9%	39.2%	24.3%	10.1%
Docentes	7.8%	14.3%	41.6%	16.9%	19.5%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

La Tabla 8 profundiza en las habilidades que se consideran más fortalecidas mediante el uso de la IAGen en el aula. Los estudiantes destacan principalmente la Creatividad (41.2 %) y el Pensamiento crítico (30.4 %), mientras que los docentes también identifican estas competencias, aunque otorgan mayor peso a la Colaboración (24.7 %). La Comunicación aparece como una habilidad secundaria en ambos grupos, lo que indica un área de oportunidad para el diseño de estrategias pedagógicas más integrales.

Tabla 8. *Habilidades desarrolladas con IA Gen en el aula*

	Pensamiento crítico	Creatividad	Colaboración	Comunicación
Alumnos	30.4%	41.2%	17.6%	10.8%
Docentes	26%	37.7%	24.7%	11.7%

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Proyectos comunitarios y concurso

Los resultados presentados en la Tabla 9 permiten identificar los factores que limitan la participación en proyectos comunitarios desde la perspectiva de estudiantes y docentes. En ambos grupos, la falta de información y el desinterés se posicionan como los principales obstáculos, mientras que los docentes señalan con mayor énfasis la escasez de recursos. La falta de apoyo institucional aparece como un factor secundario.

Tabla 9. Factores que limitan la participación en proyectos comunitarios

	Falta de información	Desinterés	Escasez de recursos	Falta de apoyo	Otros
Alumnos	44%	38%	10%	4.7%	
Docentes	39%	36.4%	16.9%	3.9%	

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

De manera complementaria, la Tabla 10 evidencia los obstáculos que afectan la implementación de talleres y prácticas STEM. Los estudiantes identifican la falta de equipo como el principal problema (48 %), seguida de la conectividad limitada y la escasa capacitación. Los docentes coinciden en la carencia de equipo, pero resaltan con mayor fuerza la necesidad de formación continua (31.2 %). Estos resultados ponen de manifiesto que el progreso del pensamiento crítico y la participación comunitaria están condicionados por factores estructurales que requieren atención institucional.

Tabla 10. Obstáculos enfrentados en talleres o prácticas STEM

	Falta de equipo	Conectividad limitada	Escasa capacitación	Desinterés	Otros
Alumnos	48%	26.4%	20.9%	0.7%	
Docentes	40.3%	23.4%	31.2%	1.3%	

Fuente(s): Elaboración propia con base en encuesta espejo, 2026.

Síntesis interpretativa

En conjunto, los resultados muestran que el progreso del pensamiento crítico en docentes y estudiantes se promueve de manera parcial y no sistemática en las tres dimensiones analizadas. Si bien existen esfuerzos por integrar prácticas STEM, con medios digitales para el apoyo, también es cierto que existen limitaciones relacionadas con la infraestructura, la capacitación docente y la vinculación con el contexto comunitario. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de fortalecer estrategias pedagógicas que articulen de manera más consistente la reflexión conceptual, la actitud crítica y la acción procedimental, orientadas a la solución de problemáticas reales del entorno.

En conjunto, los resultados obtenidos a partir de las percepciones de docentes y estudiantes evidencian que el progreso del pensamiento crítico en el Instituto Tecnológico de Milpa Alta se encuentra en una fase de avance progresivo, pero aún marcada por la discontinuidad. Las tres dimensiones analizadas —conceptual, actitudinal y procedimental— muestran la presencia de prácticas orientadas al análisis, la reflexión y el uso de tecnologías digitales; sin embargo, estas se implementan de manera limitada. También es cierto, que la formación y aplicación ingenieril es limitada, desde el contexto de que son profesionales que solo aprendieron a memorizar, pero no a tener un pensamiento crítico profesional.

La valoración positiva de la IAGEn como apoyo para la creatividad y el pensamiento crítico, junto con las limitaciones identificadas en infraestructura, formación y vinculación comunitaria, pone de manifiesto la necesidad de transitar de esfuerzos aislados hacia estrategias pedagógicas más integrales. Estos hallazgos confirman que el fortalecimiento del pensamiento crítico no puede entenderse como una habilidad espontánea ni exclusivamente individual, sino como el resultado de un diseño educativo intencionado que articule prácticas STEM, tecnologías emergentes y contextos reales de aprendizaje.

Desde esta perspectiva, los resultados aquí discutidos constituyen el fundamento empírico para las conclusiones del capítulo, al evidenciar tanto los avances logrados como las áreas de oportunidad que deben atenderse para consolidar una educación superior tecnológica orientada a la justicia social, la pertinencia comunitaria y la formación de profesionales críticos competentes de intervenir de manera responsable en su entorno.

Conclusiones

Después del análisis de la información se observa que el progreso del pensamiento crítico en la educación STEM en el Instituto Tecnológico de Milpa Alta, se encuentra en un proceso de avance gradual, aunque aún caracterizado por la falta de sistematicidad. El análisis de las dimensiones conceptual, actitudinal y procedimental, así como las percepciones comparadas de docentes y estudiantes, evidencian esfuerzos claros por promover prácticas orientadas al análisis, la reflexión y el uso de tecnologías emergentes, pero también revelan brechas entre la intención pedagógica y la experiencia formativa cotidiana.

De acuerdo con las estadísticas presentadas y el análisis realizado se observa que la comprensión conceptual de las materias más allá de la memorización de conceptos, la vinculación del conocimiento con problemáticas comunitarias y el estímulo de la curiosidad se presentan de manera intermitente. Esta situación limita el fortalecimiento del pensamiento crítico como una competencia transversal y sostenida, particularmente cuando las prácticas pedagógicas dependen de condiciones estructurales como la disponibilidad de recursos, la alfabetización digital docente y el acceso a infraestructura tecnológica adecuada.

Asimismo, la IAGEn es percibida tanto por estudiantes como por docentes como un recurso valioso para fortalecer la creatividad, el análisis y el pensamiento crítico. No obstante, los resultados muestran que su incorporación en el aula continúa siendo irregular y focalizada principalmente en dimensiones cognitivas, dejando áreas de oportunidad en el desarrollo de habilidades sociales, colaborativas y comunitarias. Este hallazgo fortalece la idea de que la IA, por sí sola, no garantiza una enseñanza crítica, sino que requiere de un diseño pedagógico intencionado y éticamente orientado.

Las limitaciones identificadas en la participación comunitaria, así como los obstáculos relacionados con la falta de equipo, conectividad y formación continua, subrayan que el fortalecimiento del pensamiento crítico no puede desligarse del contexto institucional ni de las condiciones sociales en las que se desarrolla la práctica educativa. En este sentido, los resultados no deben interpretarse únicamente como carencias, sino como indicadores clave para la modificación de los planes académicos y el diseño de estrategias de enseñanza aprendizaje alineados a los medios digitales.

En conjunto, el estudio confirma que la articulación entre prácticas STEM, pensamiento crítico e IAGen constituye una vía pertinente para atender desafíos estructurales como el rezago educativo postpandemia, la brecha digital y la necesidad de formar profesionales capaces de analizar y transformar su entorno. Para avanzar hacia este objetivo, se requiere transitar de iniciativas aisladas hacia modelos educativos integrales que aseguren coherencia entre el currículo, la práctica docente y la vinculación con problemáticas reales de la comunidad.

Finalmente, los hallazgos respaldan la pertinencia del modelo educativo del TecNM, orientado al humanismo y la justicia social, al tiempo que enfatizan la necesidad de fortalecer políticas institucionales que beneficien la innovación pedagógica, la formación docente y el uso crítico de la tecnología. De este modo, la educación superior tecnológica puede consolidarse como un espacio formativo donde el pensamiento crítico se traduzca en acción responsable, compromiso social y desarrollo sostenible.

Futuras líneas de investigación

A partir de las conclusiones expuestas, se reconoce que el pensamiento crítico en la educación STEM mediada por IAGen constituye un proceso complejo que trasciende la implementación de herramientas tecnológicas aisladas. Se obtiene como que es necesario profundizar en enfoques investigativos que permitan comprender y fortalecer la articulación entre diseño pedagógico, práctica docente, condiciones institucionales y contextos comunitarios. En este sentido, los resultados obtenidos no solo cierran una línea de análisis, sino que abren un campo amplio de interrogantes orientadas a consolidar modelos educativos más sistemáticos, incluyentes y socialmente pertinentes. Con base en estas consideraciones, se proponen a continuación diversas líneas de investigación futura que retoman los principales hallazgos del estudio y los proyectan hacia escenarios de innovación educativa con mayor alcance e impacto.

Por lo tanto, será necesario generar diversas líneas de investigación orientadas a profundizar, particularmente en contextos de educación superior tecnológica. En congruencia con las conclusiones, estas líneas se proyectan como rutas de análisis que permiten avanzar desde experiencias iniciales hacia modelos educativos más sistemáticos, incluyentes y socialmente pertinentes.

1. Evaluación del pensamiento crítico en entornos digitales y mediadores por IA

Una primera línea de investigación se orienta al diseño, validación y aplicación de instrumentos pedagógicos que permitan evaluar el pensamiento crítico en entornos digitales apoyados por IAGen. Dado que los resultados evidencian un desarrollo parcial y no sistemático de esta competencia, resulta pertinente profundizar en modelos de evaluación que integren dimensiones cognitivas, actitudinales y procedimentales, considerando el uso de plataformas digitales, simuladores y herramientas de IA como mediadores del aprendizaje. Estas investigaciones permitirían identificar con mayor precisión qué prácticas fortalecen efectivamente el pensamiento crítico y en qué condiciones institucionales.

2. Modelos pedagógicos integrales basados en STEM, IA y vinculación comunitaria

Una segunda línea se enfoca en el desarrollo y análisis de modelos pedagógicos integrales que articulen las disciplinas STEM haciendo uso y progreso del pensamiento crítico y la resolución de problemáticas comunitarias de la alcaldía Milpa Alta. Este enfoque permitiría fortalecer la pertinencia social del aprendizaje y consolidar comunidades de práctica orientadas al desarrollo local.

3. Formación y acompañamiento docente para el uso crítico de la IA generativa

Los resultados del estudio evidencian que la alfabetización digital docente es un factor clave para la unificación efectiva de prácticas STEM y tecnologías emergentes. En este sentido, una línea prioritaria de investigación consiste en analizar procesos de formación y acompañamiento docente centrados en el uso crítico, ético y pedagógico de la IAGEn. Estos estudios pueden abordar tanto el impacto de programas de formación continua como las resistencias, percepciones y transformaciones en la práctica educativa, con el fin de fortalecer el papel del docente como mediador del pensamiento crítico.

4. Desarrollo de plataformas multimodales inclusivas y accesibles

Otra línea relevante se vincula con el diseño y evaluación de plataformas educativas multimodales, orientadas a garantizar la inclusión y la accesibilidad de estudiantes con diversas necesidades educativas. A partir de las experiencias analizadas en este capítulo, futuras investigaciones pueden profundizar en cómo la IAGen y los entornos digitales adaptativos contribuyen a reducir brechas educativas, promoviendo una enseñanza más equitativa y personalizada.

5. Trayectorias educativas y continuidad formativa en educación STEM

Los resultados también sugieren la necesidad de fortalecer la colaboración entre la educación media superior y superior. En consecuencia, una línea de investigación estratégica consiste en analizar trayectorias educativas en STEM, identificando factores que favorecen o dificultan el progreso del pensamiento crítico a lo largo del tiempo. Estos estudios pueden centrarse en la creación de puentes colaborativos entre instituciones, programas de acompañamiento académico y estrategias de transición que contribuyan a disminuir el rezago, el abandono escolar y las brechas de aprendizaje.

6. Prototipos interdisciplinarios y sostenibilidad social y ambiental

Finalmente, se plantea como línea futura el desarrollo de prototipos interdisciplinarios que integren innovación tecnológica, sostenibilidad económica y responsabilidad ambiental. A partir del uso de Inteligencia Artificial Generativa y metodologías STEM, estas investigaciones pueden enfocarse en la creación de soluciones aplicadas a contextos locales, particularmente en comunidades con vocación productiva, como las de la alcaldía Milpa Alta. Este tipo de estudios permitiría consolidar al pensamiento crítico como una competencia orientada a la acción transformadora y al compromiso social.

Disponibilidad de datos

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Fuente de financiamiento

Este estudio no fue financiado por ninguna organización.

Declaración sobre la IA generativa

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en ninguna etapa de este estudio

Agradecimiento

Expreso un profundo agradecimiento al Instituto Tecnológico de Milpa Alta, por brindar las condiciones académicas, institucionales y humanas necesarias para el desarrollo de las actividades enseñanza-aprendizaje-investigación que dieron sustento a este capítulo. En particular, se reconoce el respaldo de la Dra. Fátima Yaraset Mendoza Montero, directora del plantel, cuyo liderazgo ha sido fundamental para impulsar la innovación pedagógica y fortalecer una cultura institucional orientada a la experimentación académica, la creación de conocimiento y la vinculación con la comunidad.

De manera especial, se agradece al Dr. Ramón Jiménez López, director general del TecNM, por encabezar y consolidar un modelo educativo que transita del humanismo hacia la justicia social, y que reconoce a la investigación, la innovación tecnológica y el pensamiento crítico como ejes estratégicos para el desarrollo del país. Su visión institucional ha permitido que los proyectos educativos y de investigación se articulen dentro de un marco nacional coherente, alineado con los principios de equidad, inclusión y sostenibilidad promovidos por la Agenda 2030.

Este reconocimiento institucional reafirma que cada experiencia desarrollada en el aula, así como cada proyecto de investigación, representa una oportunidad para fortalecer la innovación pedagógica en las áreas STEM y consolidar el propósito del TecNM de contribuir al progreso científico, económico y social de la nación.

Referencias

- Alfonso Villegas, N. Y.; Alviarez Alviarez, O. O.; Marin González, M. E. & Torres, T. (2024) Nuevos escenarios de la multimodalidad educativa. *En Red de Investigadores de la Transcomplejidad (REDIT)*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=978535>
- Avendaño López, P. D. U., González Torres, A., & Quiroz Bojorges, G. (2026). Inteligencia artificial generativa como herramienta de innovación en investigación educativa: un análisis crítico. En A. Escudero-Nahón & E. P. Mercado-López (Eds.), *Inteligencia artificial: experiencias y reflexiones sobre la investigación educativa* (pp. 98-114). Editorial Transdigital. <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc13.05>
- Avendaño-López, P. D. U., Figueroa-Anzures, C., & Flores-Robledo, J. A. (2024). Análisis del pensamiento lógico matemático de los alumnos de primer semestre a nivel bachillerato post pandemia COVID19. *Revista IPSUMTEC*, 7(1), 35–44. <https://revistas.milpaalta.tecnm.mx/index.php/IPSUMTEC/article/view/290>
- Avendaño-López, P. D. U., González Torres, A., & Figueroa-Anzures, C. (2024). El impacto del aprendizaje basado en aplicaciones móviles y IA en la comprensión de variables aleatorias discretas. *Revista Eduweb*, 18(4), 219–240. <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2024.18.04.15>
- AWS (s. f.) Que es la IA Generativa. <https://aws.amazon.com/es/what-is/generative-ai/>
- de los Santos, O., Hernández-Padilla, E., Vázquez-Alonso, Á., López-Aymes, G., Aguilar-Tamayo, MF, & Arce, E. (2025). El pensamiento científico promueve el desarrollo del pensamiento crítico en la educación primaria. *Ciencias de la Educación*, 15 (9), 1174. <https://doi.org/10.3390/educsci15091174>
- Delgado Carreño, B. C. & Díaz Espinoza, M. (2025). Aprendizaje basado en proyectos y su influencia en el pensamiento crítico en estudiantes de educación básica. (2025). *Revista InveCom* ISSN En línea: 2739-0063, 5(3), 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14680171>
- Dewey J. (1933). *How we think*. DC Heath and Company.
- Fan, Y.; Tang, L.; Le, H.; Shen, K.; Tan, S.; Zhao, Y. Shen, Y.; Li, X. & Gasevic, D. (2024). Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology* , 56 (2), 489-530. <https://doi.org/10.1111/bjet.13544>
- González-Torres, A.; Quiroz Bojorges, G. & Avendaño-López, P. D. U. (2026). Uso de la Inteligencia artificial en el coaching empresarial (2024): Revisión de literatura. En A. Escudero-Nahón (Editor), *Inteligencia artificial: experiencias y reflexiones sobre la investigación científica* (pp. 176-192). Editorial Transdigital. <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc12.09>
- Goodfellow, I. J.; Pouget-Abadie, J.; Mirza, M.; Xu, B.; Warde-Farley, D.; Ozair, S.; Courville, A. & Bengio, Y. (2024). Generative adversarial nets. *NIP'S: Proceedings of the 28th International conference on Neural Information Processing systems*, 2, 2672-2680. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2969033.2969125>
- Hernández González, M., Ramos Quiroz, J. M., Chávez Maciel, F. J., & Trejo Cázares, M. del C. (2024). Ventajas y riesgos de la Inteligencia Artificial Generativa desde la percepción de los estudiantes de educación superior en México. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-495>
- Ibanez, J. (2024). Effects of Utilization of Generative Artificial Intelligence Tools on Critical Thinking Skills of High School Students.. *11th International Scholars Conference*, 11(4), 1190-1201. <https://doi.org/10.35974/isc.v11i4.3601>

- Martin, T. (s.f.). Thermonator. Obtenido de thermonator : <https://thermonator.app/es/>
- Muñoz-Rengifo, J. (2019). El pensamiento crítico para la solución a un problema. *Monografías y ensayos*, (970), 49-52. <https://revistamarina.cl/revistas/2019/3/jmunozr.pdf>
- Olivos Barranco, I.; Avendaño-López, P. D. U. & Núñez Cuadra, A. (enero – diciembre 2025). Zona de Desarrollo Próximo. LII Conferencia Nacional de Ingeniería, Internacionalización y globalización, Una oportunidad de la ingeniería para potenciar el desarrollo social y económico de la nación. *Revista electrónica ANFEI Digital*, 12 (17), 672-679. <https://doi.org/10.63136/read1720251085pp672-679>
- Osorio Rodríguez, S. F. & Rodríguez, J. (2025). Inteligencia artificial y pensamiento crítico en estudiantes universitarios. *En SciELO Preprints* . <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.11558>
- Quijano Cruz, B. (2025). Educación STEM en el aula de matemáticas: una mirada crítica. *Revista Educación y Ciencia*, 14 (64), 167-179. <https://doi.org/10.32776/EyC.v14i64.866>
- Rapti, S., Sapounidis, T., Tselegkaridis, S. & Dimitrios, S. (2026). Exploring communication, collaboration, critical thinking, and creativity in educational robotics curriculum. *Education and Information Technologies*, 31, 2539-2565. <https://doi.org/10.1007/s10639-026-13895-4>
- Saiz, C. & Rivas, S. F. (2012). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas cotidianos. *REDU Revista de Docencia Universitaria*, 10), 1-17. <https://www.pensamiento-critico.com/archivos/pcriticoabp.pdf>
- Sosa Cortez, K. R., Tenorio Ordóñez, D. J., Pico Holguín, B. M., Yuquilema Carrillo, S. T., & Benalcázar Samaniego, L. G. (2025). El Aprendizaje Basado en Proyectos (Abp) como Herramienta para el Desarrollo de Habilidades Del Siglo XXI. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 6133-6148. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16329
- Stryker, C. & Scapicchio, M. (s. f.) '¿Qué es la IA generativa? <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/generative-ai>
- TECNM. (2024). Modelo educativo del Tecnm humanismo para la justicia social. SEP. https://www.tecnm.mx/archivos/slider/Modelo_Educativo_del_TecNM_digital_orig.pdf
- TECNM. (2025). Comisión de administración. Segunda sesión ordinaria. informe de labores de gestión al primer trimestre del ejercicio fiscal 2025, 1-108.
- TECNM. (2026). Oferta Educativa en modalidades. Obtenido de TECNМ: <https://www.tecnm.mx/?vista=Admision#:~:text=TecNM%20%7C%20Tecnol%C3%B3gico%20Nacional%20de%20M%C3%A9xico.%20El,educativa%20en%20las%20modalidades%20Escolarizada%2C%20No%20Escolarizada/mixta>.
- Torres, A. G. ., Avendaño-López, P. D. U. ., & Bojorges, G. Q. . (2025). Systematic study on the choice of higher education institutions in the engineering field. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(1), 728–736. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i1.4237>
- Vendrell I Moranco, Mireia, & Rodríguez Mantilla, Jesús Miguel. (2020). Pensamiento Crítico: conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior. *Revista de la educación superior*, 49(194), 9-25. <https://doi.org/10.36857/resu.2020.194.1121>
- Vendrell I Moranco, Mireia, & Rodríguez Mantilla, Jesús Miguel. (2020). Pensamiento Crítico: conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior. *Revista de la educación superior*, 49(194), 9-25. <https://doi.org/10.36857/resu.2020.194.1121>

Impacto de los dispositivos semiconductores en la implementación física de redes de radio cognoscitiva

Impact of semiconductors devices on the physical Implementation of cognitive radio networks

Guillermo Prieto Avalos

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
guillermoprieto@mexicali.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8941-5015>

Rigoberto Reyes Valenzuela

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
rigobertoreyes@mexicali.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8570-8563>

Manuel de Jesús López Pérez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
manuelalfa.lp@itmexicali.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6565-6404>

Julio Alejandro Valdez González

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
jvaldezgonzalez@itmexicali.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5119-4680>

Disciplina: Ingeniería Industrial

Resumen

Actualmente, resulta crítica la disponibilidad del espectro radioeléctrico (ER) que demandan los dispositivos que ofrecen servicios de forma inalámbrica; ya que, el Estado administra su uso mediante asignación fija y al haber un incremento exponencial de dichos dispositivos, resulta necesario empezar a considerar asignaciones de ER de forma inteligente a partir de plataformas tecnológicas como la de radio cognoscitiva (RC). El primer paso de la RC es la detección de ER y para esto, existen varios esquemas de detección donde el reto es distinguir con precisión si una banda del ER de interés está libre u ocupada. Está reportado en la literatura que el detector de espectro basado en la entropía en el dominio de la frecuencia (DBEF) con respecto a otros esquemas de detección, es robusto ante la incertidumbre del ruido (UNC); sin embargo, para lograr que lo anteriormente mencionado sea implementado físicamente de manera eficiente en un entorno real y palpable en la vida diaria, depende en gran medida, de la evolución de los dispositivos semiconductores para procesar información en tiempo real y de las dimensiones físicas en su construcción; por lo que en este trabajo de investigación, a partir de una implementación física de un DBEF bajo condiciones de UNC, se comprueba la robustez ante la UNC; y al igual, se abordan los retos que deben afrontar los dispositivos semiconductores en su

diseño y construcción para que sean considerados en la implementación física de un detector de espectro en general.

Palabras clave: espectro radioeléctrico, detección de espectro radioeléctrico, incertidumbre del ruido, relación señal a ruido, tiempo real.

Abstract

Currently, the amount of radio spectrum (RS) required by wireless service providers is critical. Since the state manages its use through fixed allocation, and given the exponential increase in these devices, it is necessary to begin considering intelligent RS allocations using technological platforms such as Cognitive Radio (CR). The first step in CR is RS detection, and for this, several detection schemes exist. The challenge lies in accurately distinguishing whether a portion of the RS of interest is free or occupied. The literature reports that the spectrum detector based on Entropy in the Frequency Domain (EDFD), compared to other detection schemes, is robust to noise uncertainty (UNC). However, for the aforementioned to be efficiently implemented in a real-world, everyday environment, it depends largely on the evolution of semiconductor devices for real-time information processing and the physical dimensions of their construction. Therefore, in this research work, based on a physical implementation of a DBEF under UNC conditions, the robustness is verified; and likewise, the challenges that semiconductor devices must face in their design and construction are addressed so that they can be considered in the physical implementation of a spectrum detector in general.

Key words: radio spectrum, radio spectrum detection, noise uncertainty, signal-to-noise ratio, real time.

Introducción

En México, la política de administración del espectro radioeléctrico es fija; es decir, el estado asigna las bandas o canales sobre el ER en las que operarán los diferentes servicios de telecomunicaciones. Esta forma de administración de espectro busca garantizar que no haya interferencias entre los distintos servicios inalámbricos que operan en el país. Por otro lado, se pronostica que para el año 2024 se cuadruplicará la cantidad actual de dispositivos que van a demandar ER para operar, por lo que será un reto brindarles ER para que brinden sus servicios (IT Trends, 2020). Sin embargo, estudios demuestran que el ER está subutilizado; es decir, un 85% del tiempo que debiera de ser utilizado el ER no lo está por el usuario primario (UP) (Akyildiz, 2006); que son los usuarios a los que se les otorga el permiso de explotar la porción del espectro en cuestión. Lo anterior indica que entre la asignación y el uso que se hace del espectro es desigual; por lo cual, es cada vez más frecuente que las autoridades gubernamentales impulsen reformas legales que atiendan el reto de la subutilización del ER; ya que, a partir de ahí, se podrá atender la necesidad de brindar el ER necesario para que dispositivos que interactúan con el internet y datos del tipo multimedia, puedan ofrecer sus servicios de forma inalámbrica al igual que con los demás servicios de telecomunicaciones. Una de las propuestas que permite atender el problema de la subutilización del ER es la tecnología llamada Radio Cognoscitiva (RC), la cual dota a sus dispositivos (usuarios secundarios, US) que operan de forma inalámbrica, con la capacidad de adaptarse de manera óptima e independiente al entorno de radio que los rodea para que realicen sus operaciones (transmisión/recepción de sus datos) de forma oportuna y sin interferir a los UPs, permitiendo optimizar el uso del ER (Wang, 2009; Zhao & Sadler, 2007).

Los dispositivos dotados de la tecnología de RC (es decir, los US) difieren de los convencionales en la capacidad cognitiva de adaptar en tiempo real sus parámetros de operación en función de su capacidad de detectar y recopilar información del medio ambiente de radio circundante como el ancho de banda, frecuencia, potencia y modulación de operación; así como desocupar el canal cuando un UP haga nuevamente uso de su espectro, posibilitando al US para identificar y explotar la mejor banda o canal (a partir de aquí, nos referiremos como canal) disponible en el ER para realizar sus transmisiones y recepciones de información. Lo anterior se conoce como el ciclo de la radio cognoscitiva y está conformado por (1) detección de espectro: realiza un monitoreo en tiempo real de un canal de interés, (2) análisis: constantemente está caracterizando el ambiente del ER, (3) razonamiento: determina la mejor estrategia para aprovechar el canal de interés y (4) adaptación: permite la transición a los nuevos parámetros de operación.

Antes de que se efectúe la comunicación entre US que quieren aprovechar un canal de interés que no está utilizando el UP, el US debe decidir el estado (libre u ocupado) del canal de interés; es decir, realizar una detección de espectro, la cual puede ser realizada por un esquema de nodo local. En el esquema de detección de un nodo local, se establece un intervalo de tiempo para realizar la detección del canal de interés. Mientras se realiza el proceso de detección, el US no accede al canal; sino hasta que, se resuelve si está o no libre (Jeon et al., 2008). El intervalo de tiempo asignado a la detección reduce la eficiencia del uso del ER que abarca al canal de interés, ya que, del total del tiempo disponible para optimizar el ER en desuso, una parte del tiempo se utiliza para detectar, en lugar de transmitir/recibir datos entre US (Chen, 2015). Debido a la incertidumbre del ruido (UNC) y fenómenos de propagación, tales como sombreado y efecto multirayectoria, el esquema de detección local se ve afectado en su rendimiento; condición que se puede mejorar bajo un esquema de detección cooperativa. El esquema de detección cooperativa utiliza más de un nodo (es decir, más de un US) para resolver el estado del canal, aprovechando con esto la diversidad espacial en la detección del espectro, resultando en un esquema que decide mejor la mayoría de las veces el estado correcto (libre u ocupado) del canal de interés (López & Montejó Sánchez, 2015; Zeng, 2010; Guzmán, 2014; Yucek & Arslan, 2009). Si bien, el esquema de detección cooperativa en RC resulta ser más eficiente con respecto a una detección local, su desventaja se encuentra en (1) Incremento del consumo de ancho de banda a medida que la cantidad de US aumenta y (2) Alto consumo de energía de los dispositivos bajo esta arquitectura (Diez et al., 2013; Yuan et al., 2007). Debido a lo anterior, resulta relevante optimizar el desempeño del esquema de detección local ya que es la primera etapa de la RC. Este proyecto de investigación se enfocó en la evaluación y análisis de la implementación física de una técnica de detección de espectro local con aplicación en redes de radio cognoscitivas. La naturaleza del ambiente de radio es cambiante, provocando situaciones que se consideran hostiles para el desempeño de cualquier esquema de detección de espectro (Por ejemplo, el cambio aleatorio del nivel de ruido de piso presente en el canal de interés); por lo tanto, nuestros esfuerzos se enfocaron en una implementación física de una técnica de detección de ER basada en Entropía en el dominio de la frecuencia (DBEF); ya que, de manera intrínseca, es robusto a la UNC para mismos entornos de relación señal a ruido (SNR).

El valor del trabajo en este capítulo de libro se fortalece al presentar la detección de espectro no solo como un problema algorítmico, sino como un problema de implementación física. En ese sentido, el DBEF se analiza como una alternativa que vincula tres niveles: la administración eficiente del ER, la robustez del detector ante UNC y la posibilidad de llevar el procesamiento a dispositivos semiconductores capaces de operar en tiempo real. Esta lectura permite que el capítulo dialogue con

las necesidades actuales de redes inalámbricas adaptativas, radio definida por software (SDR, por sus siglas en inglés), Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y futuras arquitecturas 5G/6G, donde la decisión de ocupar o liberar un canal debe tomarse con rapidez, bajo restricciones de energía y con información incompleta del entorno (Akyildiz, 2006; Yucek & Arslan, 2009; Wyglinski, 2010).

Fundamento teórico

La detección espectral consiste en que el US identifique correctamente aquellas bandas de frecuencia que no se utilizan durante algún tiempo y espacio determinados. A su vez, durante la comunicación, el US debe ser capaz de detectar señales generadas por el UP (que pueden llegar a ser muy débiles) para desocupar el canal y no interferirlo. Por lo tanto, la detección del UP es esencial como primer paso para mejorar la eficiencia del uso del espectro utilizando la plataforma de RC. Tradicionalmente, las técnicas de detección de espectro se basan en la detección periódica del espectro durante el periodo de silencio (tiempo en el que no utiliza el canal) del UP (Ihalainen, 2010). Este procesamiento generalmente se aplica sobre las muestras de la señal recibida en el US para explorar alguna característica específica del UP. Este mecanismo se repite periódicamente para monitorear (en un tiempo finito) el canal de interés, y así el US elegirá abandonarlo de manera eficiente si se detecta la presencia del UP, por lo que el US elegirá otra banda de frecuencia libre para seguir su comunicación. El problema de la detección de espectro se modela como una prueba de hipótesis binaria, en la que las dos hipótesis se formulan como se muestra a continuación:

$x[n]$: muestras recibidas

(1) Hipótesis nula: $H_0: x[n] = \omega[n]$, solo ruido

Hipótesis alternativa: $H_1: x[n] = s[n] + \omega[n]$, señal primaria + ruido

(2)

Donde la hipótesis H_0 corresponde al caso donde las muestras recibidas están compuestas únicamente por ruido, mientras que la hipótesis H_1 corresponde al caso donde las muestras recibidas se componen por una señal primaria más ruido. Para resolver esta prueba de hipótesis, se requiere definir un estadístico de prueba $T(x)$, el cual representa la variable física a comparar; por ejemplo, en el contexto de la detección de espectro, el $T(x)$ puede ser la energía, potencia, valores propios o entropía de las muestras de la señal recibida del canal de interés. El umbral de detección (λ) es la referencia con la cual se compara el $T(x)$ para tomar una decisión y así resolver (con un grado de precisión o de error) el estado del canal de interés (Yucek & Arslan, 2009). De manera general, la toma de decisión se realiza de la siguiente manera:

Si $T(x) < \lambda$: Espectro radioeléctrico Libre (H_0)

(3)

Si $T(x) > \lambda$: Espectro radioeléctrico Ocupado (H_1)

(4)

Cuando se acepta H_1 y H_0 es verdadero, entonces se obtiene una falsa alarma, lo que significa que se decide que un canal de interés en el ER se encuentra ocupado, cuando en realidad está libre. Por otro lado, aceptar H_0 cuando H_1 es verdadero, corresponde a un error de detección, esto es, decidir que un canal de interés en el ER está libre cuando realmente no lo está. A la probabilidad de ocurrencia de ambos errores se les denomina probabilidad de falsa alarma (P_{fa}) y probabilidad de error de detección (P_{md}) respectivamente. Ambas probabilidades, P_{fa} y P_{md} (o más comúnmente utilizado su complemento), la probabilidad de detección (P_d) son consideradas como las métricas típicas para evaluar el desempeño de cualquier técnica de detección de espectro (Fitzek & Katz, 2007). De acuerdo con la teoría de la información, lo impredecible de las señales proporciona información significativa y útil sobre la ocurrencia de un evento. En el contexto de la detección de espectro en RC, lo impredecible del ruido puede ser útil para determinar de manera eficiente si las muestras recibidas por el detector de espectro difieren de un proceso de ruido, lo que significaría la presencia de una señal primaria emitida por un UP. Esta impredecibilidad se puede medir calculando la entropía de Shannon (H) de las muestras de la señal recibida (Zhao, 2013, Nagaraj, 2009). El DBEF se basa en el hecho de que la H de las muestras recibidas desde el canal de interés se maximiza si corresponde a ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN, por sus siglas en inglés). Por otro lado, si las muestras recibidas desde el canal de interés corresponden a una señal primaria (Por ejemplo, modulación en frecuencia (FM)) más ruido, la magnitud de la H tendería a reducir a medida que la relación SNR tienda a ser alta. Por lo tanto, el DBEF compara su estimación de H con respecto a un umbral en función de la entropía del ruido (H_L) para resolver la prueba de hipótesis y decidir si está presente o ausente un UP en un canal de interés (Nikonowicz, 2016).

Procedimiento experimental

Para evaluar el desempeño del DBEF propuesto en este trabajo de investigación, se consideró el modelo de evaluación presentado en la figura 1. Como señal primaria se utilizó una señal FM con frecuencia portadora (f_p) de 1 kHz, la cual fue generada con un equipo generador marca GW INSTEK modelo GFG-8219A. Dicha señal primaria se procesó en forma de vector con el software MATLAB a través de la tarjeta Arduino modelo MKR Zero. El ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN, por sus siglas en inglés), se generó con el software MATLAB y en conjunto con el vector correspondiente a la señal primaria, se generaron los diferentes entornos de SNR y de UNC evaluados en este capítulo de libro. El resto del modelo de evaluación se implementó y evaluó con el software MATLAB. Considerando que $s(n)$ corresponde a las muestras de la señal primaria, $T(x)$ se obtiene a partir de la magnitud del espectro ($\bar{X}(k)$) de $x(n)$, por medio del algoritmo de la transformada rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés).

$$\bar{X}(k) = - \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-\frac{2\pi i}{N} kn}$$

(5)

para $k = 0, 1, \dots, N-1$.

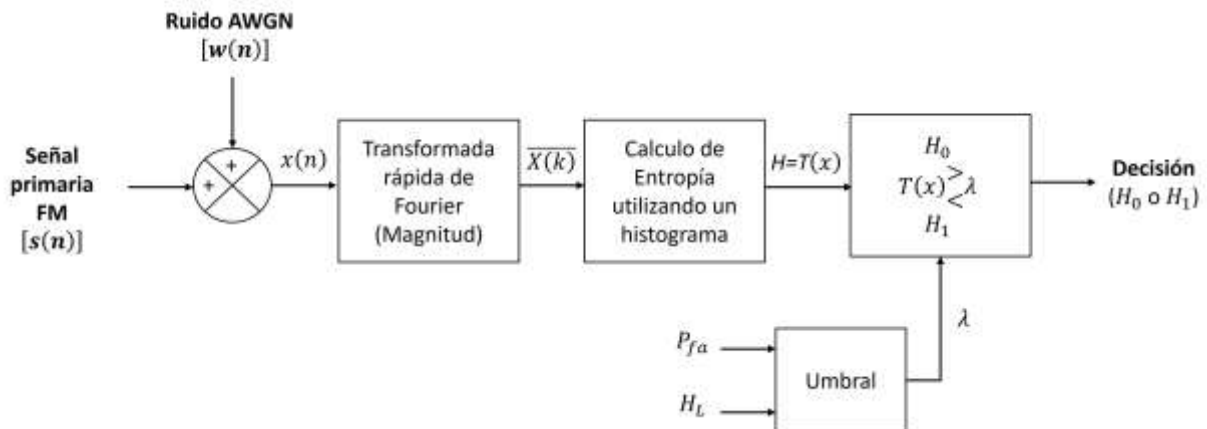
Luego, se calcula H (Utilizando histogramas) para obtener $T(x)=H$ y así resolver la prueba de hipótesis. El valor de λ se calcula a partir de la entropía del ruido (H_L), la P_{fa} y la desviación estándar del ruido (σ_n) como se indica a continuación:

$$\lambda = H_L + Q^{-1}(1 - P_{fa})\sigma_n$$

(6)

La validación experimental se realiza de la siguiente manera: primero se genera la señal primaria FM; después se incorpora ruido AWGN bajo condiciones controladas; posteriormente se transforma la señal al dominio de la frecuencia mediante FFT; enseguida se estima la entropía con histogramas; y, finalmente, se compara el estadístico obtenido contra un umbral definido a partir de la entropía del ruido y la probabilidad de falsa alarma. Esta secuencia facilita que el lector identifique qué variables fueron controladas (SNR, UNC, tamaño de muestra, potencia del ruido y P_{fa}) y cuáles se observaron como resultado del desempeño del detector (P_d , P_{md} y estabilidad ante cambios del ruido de piso).

Figura 1. Modelo del sistema



La integración de arquitecturas de procesamiento heterogéneo, inteligencia artificial y comunicaciones inalámbricas avanzadas ha llevado a que dispositivos semiconductores procesen información en tiempo real para plataformas tecnológicas como la radio cognoscitiva. La radio cognoscitiva necesita dispositivos que sean capaces de identificar, examinar y ajustar de manera dinámica el uso del espectro radioeléctrico en tiempo real. Para ello, se requieren semiconductores con alta velocidad de procesamiento, baja latencia y eficiencia energética.

En la actualidad, tecnologías como ASIC, FPGA y CMOS, así como procesadores con unidades de inteligencia artificial incorporadas posibilitan la ejecución directa en el hardware de algoritmos de aprendizaje automático y análisis espectral. Esto permite funciones como la detección automática de

interferencias, la asignación dinámica de frecuencias, la optimización adaptativa de potencia y el establecimiento autónomo de decisiones en contextos inalámbricos complejos. Firmas como Qualcomm, NVIDIA e Intel crean plataformas específicas para comunicaciones 5G/6G y edge computing que hacen posible la integración de inteligencia distribuida en redes de sensores, sistemas de telecomunicaciones inteligentes y dispositivos móviles (Wygłinski, 2010; Sze & Lee, 2021). Además, los FPGA de AMD Xilinx han cobrado importancia por su habilidad de reconfiguración dinámica en tiempo real, un atributo esencial para la radio cognoscitiva (Athanas, 2021). No obstante, subsisten retos vinculados con la seguridad cibernética, la disipación térmica, la complejidad algorítmica y la gestión eficaz del espectro electromagnético. La evolución de los semiconductores sigue acelerándose por el aumento de las redes inteligentes, el Internet de las cosas y las infraestructuras 6G. Esto ha establecido la radio cognoscitiva como una de las aplicaciones más importantes para sistemas electrónicos que tienen la capacidad de percibir su entorno, aprender de este y toma decisiones autónomas en tiempo real (Akyildiz, 2006).

Desde la perspectiva de implementación física, resulta conveniente incorporar como criterios metodológicos complementarios la latencia de procesamiento, el consumo energético, la cantidad de operaciones por ventana de análisis, la memoria requerida para FFT e histogramas, y la estabilidad del umbral ante variaciones del ruido, criterios no considerados en la evaluación experimental presentada en este capítulo de libro, pero será considerado en trabajos futuros. Estos indicadores permiten pasar de una validación matemática del DBEF a una evaluación más cercana al diseño de hardware, especialmente cuando se busca migrar el algoritmo hacia plataformas SDR o aceleradores embebidos de bajo consumo (Sze & Lee, 2021; Waser, 2012).

Las dimensiones físicas de los dispositivos semiconductores que se aplican a plataformas tecnológicas como la radio cognoscitiva presentan una tendencia sostenida hacia la miniaturización extrema y la integración funcional con densidades elevadas. Los productores de semiconductores más importantes fabrican dispositivos en escalas menores a 5 nanómetros, lo que posibilita la inclusión de miles de millones de transistores en chips pequeños con gran capacidad para procesar y bajo consumo energético ((Theis, 2021, Sze & Lee, 2021).

Para aplicaciones de radio cognoscitiva, esta reducción dimensional es crucial porque estos sistemas necesitan examinar el espectro electromagnético, detectar interferencias y ajustar los parámetros de transmisión en tiempo real a través de algoritmos complejos de procesamiento digital de señales e inteligencia artificial (Waser, 2012). Las arquitecturas modernas utilizan transistores FinFET y tecnologías Gate-All-Around (GAA), las cuales disminuyen las pérdidas de corriente que se hallaban en generaciones previas y optimizan el control electrostático. La integración de procesadores, memorias y aceleradores especializados en un solo encapsulado provoca que disminuya la latencia y optimiza la rapidez de comunicación interna. Firmas como TSMC, Samsung Electronics e Intel encabezan el avance de nodos tecnológicos avanzados enfocados en aplicaciones de telecomunicaciones 5G/6G y de inteligencia artificial, en las cuales la radio cognoscitiva es una tecnología clave (Wygłinski, 2010). No obstante, la miniaturización extrema se topa con retos físicos significativos, por ejemplo, variabilidad eléctrica, efectos cuánticos, incremento de densidad térmica y costos de producción elevados. Además, a medida que las dimensiones se hacen más pequeñas, es más difícil mantener la estabilidad operacional y la confiabilidad. Para ir más allá de las restricciones del silicio tradicional, el sector está explorando nuevas opciones como nanotubos de carbono, fotónica de silicio, semiconductores compuestos y materiales bidimensionales. El estado actual de las

dimensiones físicas de los semiconductores muestra un balance entre la disminución del tamaño, la eficacia energética y la capacidad de procesamiento, que son componentes fundamentales para plataformas de radio cognoscitiva que pueden tomar decisiones autónomas y adaptarse en tiempo real a contextos inalámbricos dinámicos y muy exigentes (Subramaniam, 2020).

Resultados

Para evaluar el rendimiento del DBEF, se llevaron a cabo numerosas simulaciones. La señal primaria (FM) fue muestreada cada 15 μ s (66.67 kHz) para obtener su respectivo vector de datos; es decir la muestra de la señal primaria. El tamaño de la muestra utilizada en la FFT es igual a 4096 puntos. Se consideró un proceso de ruido AWGN (del mismo tamaño de muestra que la señal primaria) con una potencia de ruido de fondo (P_n) de referencia igual a -55 dBm. Los resultados se obtuvieron mediante simulación Monte Carlo utilizando el modelo del sistema presentado en la figura 1. En cada experimento se consideraron 10 000 pruebas para los diferentes entornos de SNR mostrados en los resultados. Para la evaluación del rendimiento de la detección, se consideró una P_{fa} de 0.1, ya que es el valor máximo permitido para una mejor utilización del ER (Shellhammer, 2008).

Este diseño experimental no solo permite observar la capacidad del DBEF en detectar o no la presencia del UP, sino también valorar su estabilidad cuando existe UNC. Esta distinción es relevante porque en condiciones reales, el ruido de ruido puede cambiar por temperatura, interferencias externas, variaciones del frente de radiofrecuencia y limitaciones del convertidor analógico-digital (ADC, por sus siglas en inglés). Por ello, un detector que conserva su desempeño ante UNC variable representa una ventaja práctica para redes de radio cognoscitiva.

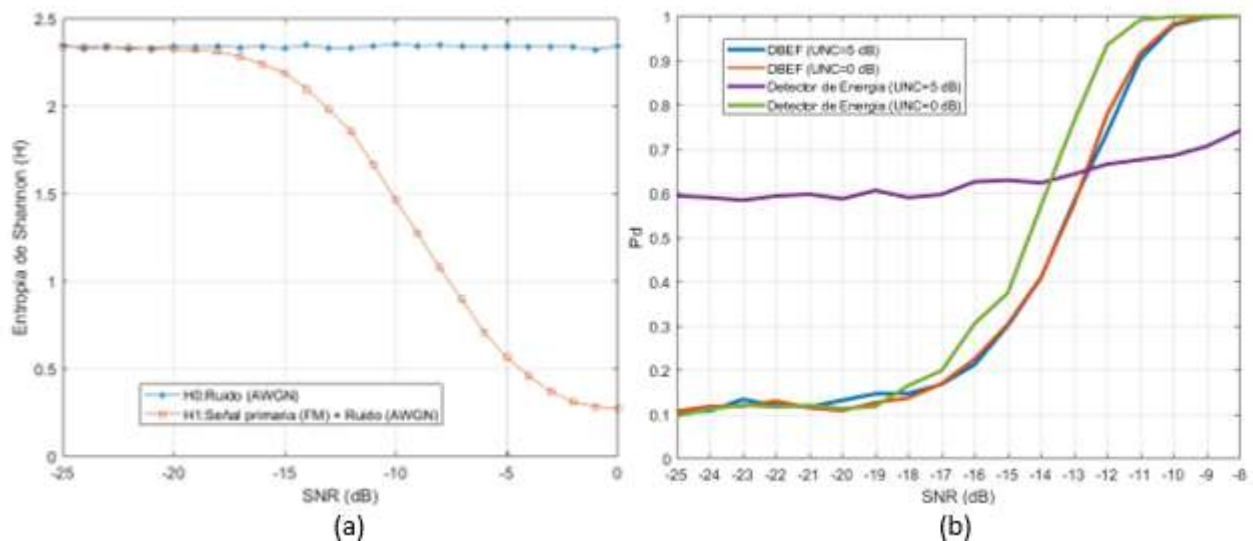


Figura 2. Valores de H para: (a) Diferentes valores de potencia de ruido (AWGN) y diferentes entornos de SNR entre señal primaria (FM) y ruido (AWGN), (b) Desempeño de la detección para diferentes entornos de SNR.

Con base en los resultados mostrados en la figura 2 (a), se puede observar que existe una clara diferencia entre las estimaciones de H de H_L (H_0) y de las muestras correspondientes a la señal primaria más ruido (H_1), en el rango del SNR considerado. Como se muestra en la figura 2 (a), cuando las

muestras recibidas por el DBEF están por debajo de un $\text{SNR} = -15 \text{ dB}$, no hay una diferencia significativa entre sus estimaciones de H bajo H_0 y H_1 . Bajo estas condiciones, se puede establecer que ese valor de SNR sería la pared SNR absoluta, por lo que sería difícil para el DBEF diferenciar correctamente entre H_0 y H_1 a partir de ese valor de SNR hacia abajo. En la figura 2(b), se compara el desempeño en la detección del DBEF de un UP para una P_{fa} de 0.1 para dos diferentes entornos de UNC. Considerando que una $P_d \geq 0.9$ es lo deseable, se puede apreciar en la figura 2 (b), que el desempeño del DBEF es prácticamente igual para diferentes entornos de UNC (0 dB y 5 dB) hasta un entorno de SNR de -11 dB, con lo cual validamos la característica de robustez ante la UNC que tiene el DBEF. A manera de comparación, en la figura 2(b) se muestra también el desempeño en la detección del Detector de Energía (DE) bajo las mismas condiciones de UNC y rango de SNR en que se evaluó el DBEF y se observa que cuando existe UNC de 5 dB, su desempeño en la detección se ve afectada con respecto a cuando no existe UNC; es decir, para una UNC de 0 dB. Una forma de interpretar la afectación de una UNC de 5 dB en el DE para una P_{fa} de 0.1 y entornos de SNR menores a -19 dB, es que alrededor del 60 % de las veces (Con respecto a un 10 % del DBEF) el DE se equivocara al decidir que un canal de interés está ocupado, cuando realmente está libre.

Este comportamiento tiene una implicación directa en la implementación física: si el detector genera menos falsas alarmas, el sistema puede aprovechar mejor los espacios disponibles del espectro sin incrementar innecesariamente el tiempo de espera o la búsqueda de nuevos canales. Además, al identificar la pared SNR cercana a -15 dB, este capítulo de libro aporta un punto de referencia útil para diseñar futuras pruebas con hardware real, ya que permite estimar el límite a partir del cual será necesario mejorar la sensibilidad del receptor, la resolución del convertidor analógico digital (ADC, de sus siglas en inglés), el tamaño de ventana o el método de estimación de entropía.

El resultado de mayor impacto se observa al comparar la estabilidad del DBEF frente al Detector de Energía. Mientras el DBEF mantiene un comportamiento prácticamente constante ante condiciones de UNC de 0 dB y 5 dB hasta aproximadamente -11 dB de SNR, el Detector de Energía muestra una degradación evidente cuando aumenta la incertidumbre del ruido. En términos prácticos, esto significa que el DBEF reduce el riesgo de tomar decisiones equivocadas sobre la ocupación del canal y; por tanto, puede disminuir la pérdida de oportunidades de transmisión para los US.

Discusión

En este capítulo de libro, se muestra uno de los problemas más importantes en las comunicaciones inalámbricas actuales: la eficiencia en la utilización del ER. La creciente densidad de dispositivos conectados, impulsada por aplicaciones IoT, redes 5G/6G y sistemas multimedia, exige esquemas dinámicos de acceso al espectro que superen el modelo tradicional de asignación fija. En este panorama, la tecnología de radio cognoscitiva constituye una opción factible para optimizar el uso del ER que está parcialmente utilizado. Nuestro trabajo comprueba experimentalmente que un DBEF, evidenciando su resistencia ante la UNC. Este punto es particularmente relevante porque, en sistemas reales, el grado de ruido electromagnético y térmico no se mantiene estable debido a fluctuaciones en la temperatura, interferencias externas, ruido de cuantización del ADC y no idealidades del hardware RF.

La estimación exacta de la potencia del ruido es un factor esencial para el DE, que se usa mucho debido a su facilidad computacional. En presencia de UNC, los errores menores en esta estimación causan

cambios en el umbral de detección, lo que resulta en un aumento considerable de la P_{fa} o una disminución de la P_d . Esto explica por qué el DE mostró un deterioro grave para una UNC de 5 dB. El DBEF, en cambio, utiliza las propiedades estadísticas de la entropía de Shannon que se relacionan con el comportamiento aleatorio del ruido AWGN. La entropía funciona como una métrica que depende menos de la amplitud absoluta del ruido y más de la distribución probabilística del espectro recibido. Esta propiedad brinda inmunidad parcial contra las fluctuaciones del piso de ruido, lo que posibilita conservar valores de P_d próximos al objetivo propuesto, incluso en medio de una incertidumbre importante. Un resultado significativo es la conducta que se registra alrededor de la "pared SNR" en -15 dB. Este fenómeno, en términos físicos, señala la frontera práctica donde la información de la señal primaria ya no se distingue estadísticamente del ruido de fondo. Desde la perspectiva de los sistemas de Radio Frecuencia (RF), este límite puede estar relacionado con: la sensibilidad del frente analógico, la resolución del ADC, el cálculo FFT en términos de precisión numérica, el tamaño de la ventana que se emplea para estimar la entropía y el ruido que el hardware de adquisición incorpora.

En implementaciones reales en dispositivos SDR, FPGA o sistemas embebidos, estos factores podrían hacer que la pared SNR se desplace hacia valores menos óptimos. Por lo tanto, a pesar de que los resultados de Monte Carlo confirman el rendimiento teórico del DBEF, sería relevante adicionar al análisis experimentos en condiciones electromagnéticas reales y en canales inalámbricos imperfectos. El costo computacional es otro elemento relevante. El DBEF necesita la realización de operaciones de FFT, el cálculo de entropía y la creación de histogramas; por lo tanto, es más complicado que un detector de energía ordinario. En los sistemas de tiempo real, particularmente en dispositivos IoT que consumen poca energía, esto puede significar: un aumento del consumo de energía, un incremento en la latencia de detección, la necesidad de hardware DSP especializado y requerimientos más altos en cuanto a memoria y procesamiento. No obstante, el empleo de tecnologías actuales que se fundamentan en procesadores ARM con aceleradores DSP, SoC-FPGA y FPGA podría compensar dichas limitaciones. Asimismo, la mejora de los semiconductores de baja potencia en fechas recientes posibilita el uso de algoritmos complejos para el procesamiento espectral conservando una eficiencia energética adecuada. Aunque restringe parcialmente la generalización de los resultados, emplear una señal FM como señal primaria es una opción apropiada para validar el concepto. Las señales primarias en situaciones reales de RC pueden incorporar modulaciones OFDM, WiFi, QPSK, LTE o 5G NR; estas tienen unas propiedades espectrales que son mucho más complejas. Con el fin de examinar la robustez del DBEF en condiciones que se asemejen más a aplicaciones reales, sería aconsejable ampliar el análisis a una variedad de esquemas de modulación y canales con desvanecimiento Rician o Rayleigh.

Además, el método que emplea histogramas para calcular la entropía es sensible al número de bins que se usan. Una mala selección puede afectar la precisión de H y alterar el umbral λ . Por lo tanto, trabajos futuros podrían enfocarse en métodos de estimación de entropía adaptativa, procedimientos de estimación de densidad kernel o enfoques fundamentados en el aprendizaje automático para mejorar la detección. Los hallazgos también apuntan a que el diseño de futuras redes dinámicas de espectro tiene importantes consecuencias. El DBEF, en su enfrentamiento con UNC, tiene el potencial de ser un candidato interesante para: redes cognitivas 5G/6G así como redes IoT de gran escala, sistemas SDR que se adaptan, y sistemas para monitorear espectros en tiempo real.

Por último, se muestra que las técnicas fundamentadas en la teoría de la información tienen el potencial de sobrepasar las restricciones intrínsecas a los métodos tradicionales de detección

energética. La validación física del DBEF es un progreso significativo, ya que acerca el modelo teórico a situaciones que se pueden implementar en hardware de verdad.

En conjunto, los resultados fortalecen la pertinencia del DBEF como detector local para escenarios donde la estimación del ruido no puede considerarse perfectamente conocida. Su ventaja no radica únicamente en alcanzar una buena probabilidad de detección, sino en sostenerla bajo variaciones del entorno. Para redes cognitivas reales, esa estabilidad puede traducirse en decisiones más confiables, menor interferencia hacia usuarios primarios y mejor aprovechamiento del espectro disponible.

Conclusiones

En este capítulo de libro se implementó físicamente un esquema del DBEF. Este detector se caracteriza por ser una técnica robusta a la UNC; es decir, logra mantener su desempeño en la detección de manera estable para un mismo rango de SNR aun cuando el ruido de piso cambia, lo cual se demostró con los resultados obtenidos en este trabajo de investigación. Sin embargo, esta implementación física realizada no se puede considerar como concluida, ya que, si queremos utilizar esta propuesta para una aplicación en un entorno real de telecomunicaciones en canales o bandas de frecuencias comerciales (Como en bandas de amplitud modulada, frecuencia modulada o de telefonía celular), será necesario considerar otros elementos de hardware que cumplan con los tiempos procesamiento y el rango de frecuencias en donde se encuentran dichas bandas de frecuencias. En conclusión, consideramos que este trabajo de investigación deja un antecedente valioso sobre los retos del hardware que se necesitará para poder ver reflejada la teoría de detección de espectro radioeléctrico en los servicios de telecomunicaciones comerciales actuales bajo el paradigma de la RC. El DBEF tiene una ventaja importante sobre el detector de energía en contextos donde hay incertidumbre del ruido, conservando un rendimiento estable en la detección incluso bajo condiciones desfavorables de UNC y SNR. A pesar de que el costo computacional es más elevado, la evolución de los semiconductores programables y las plataformas electrónicas permite que su implementación práctica en sistemas modernos de radio cognitiva sea factible. Los hallazgos conseguidos apoyan la capacidad del DBEF como una opción sólida para arquitecturas futuras de acceso dinámico al espectro radioeléctrico.

Para resumir, la evolución de los dispositivos semiconductores hacia dimensiones físicas microscópicas y capacidades de procesamiento en tiempo real es un factor clave para que las tecnologías inteligentes se integren masivamente en la vida diaria. La miniaturización extrema posibilita incluir en productos de consumo, como dispositivos IoT, vehículos inteligentes, teléfonos móviles, redes de comunicación adaptativas y sistemas médicos portátiles, sistemas complejos para la toma de decisiones autónomas, el aprendizaje y el análisis. Simultáneamente, la mejora de la capacidad de procesamiento y de la eficacia energética permite implementar algoritmos sofisticados en tiempo real en plataformas compactas y con bajo consumo. Esta convergencia tecnológica constituye el fundamento esencial para la creación de una sociedad que esté cada vez más conectada, automatizada e inteligente.

Finalmente, este trabajo permite afirmar que la viabilidad de la radio cognoscitiva depende de una convergencia entre algoritmos robustos y plataformas semiconductoras capaces de ejecutarlos con baja latencia. El DBEF mostró una ventaja clara frente a la incertidumbre del ruido; sin embargo, su adopción práctica requerirá optimizar el cálculo de entropía, reducir el costo computacional y validar

su desempeño con señales primarias más diversas y hardware de radiofrecuencia operando en bandas comerciales.

Limitaciones

En este capítulo de libro tuvimos limitaciones para adquirir hardware que lograra procesar muestras desde porciones del espectro radioeléctrico donde se encuentra la banda de FM comercial, por lo cual, tuvimos que utilizar un valor de f_p que el hardware disponible podía procesar.

Futuras líneas de investigación

El DBEF es sensible a la distribución estadística de las muestras recibidas, ya que existen señales primarias que generan valores de H cercanos al valor de H_L , lo que ocasiona que un US no detecte a un UP en entornos de bajo SNR. Por lo tanto, los investigadores interesados en continuar con nuestra investigación, podrían dirigir sus esfuerzos en implementar físicamente este esquema de detección de espectro considerando señales primarias diferentes a la FM; por ejemplo, una señal con modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK, por sus siglas en ingles), ya que por las características propias del DBEF, dicho cambio en la modulación utilizada por el UP, impactaría su P_d , lo cual sería un reto a atender, ya que en todo caso se espera que el impacto en el DBEF sea por la UNC y un entorno bajo de SNR y no por el esquema de modulación que utilice el UP.

Los resultados conseguidos en este estudio, revelan varias líneas de investigación que posibilitarían extender el alcance científico y tecnológico de este trabajo de investigación, además de acercar esta técnica a situaciones auténticas de aplicación en sistemas de RC. Algunas de estas líneas de investigación son: 1) implementación en plataformas SDR y hardware reconfigurable: se trata de trasladar el DBEF desde un entorno de simulación MATLAB a plataformas de hardware reconfigurable, como SoC-FPGA, FPGA o SDR (Software Defined Radio). 2) integración de inteligencia artificial para detección adaptable: combina el DBEF con algoritmos de aprendizaje profundo o aprendizaje automático. 3) modelos fundamentados en redes neuronales: posibilita la creación de detectores cognitivos híbridos que sean más robustos frente a la incertidumbre del ruido, las interferencias no gaussianas y los canales no estacionarios, 4) optimización computacional para dispositivos IoT: esto posibilitaría que el DBEF se implemente en sensores IoT con capacidad limitada de procesamiento y en dispositivos embebidos de bajo consumo y 5) creación de circuitos integrados especializados: se abordaría el desarrollo de arquitecturas VLSI dedicadas, lo que permitiría disminuir significativamente consumo energético y aumentar velocidad de procesamiento.

Referencias

- Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2006). NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13), 2127–2159. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.05.001>
- Wang, W. (2009). Spectrum sensing for cognitive radio. En 2009 Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops (pp. 410–412). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IITA.Workshops.2009.83>
- Zhao, Q., & Sadler, B. M. (2007). A survey of dynamic spectrum access. *IEEE Signal Processing Magazine*, 24(3), 79–89. <https://doi.org/10.1109/MSP.2007.361604>
- Chen, H., Liu, L., Matyjas, J. D., & Medley, M. J. (2015). Optimal resource allocation for sensing-based spectrum sharing D2D networks. *Computers & Electrical Engineering*, 44, 107–121. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.02.009>
- López, R. B., & Montejó Sánchez, S. (2015). La radio cognitiva y su impacto en el uso eficiente del espectro de radio. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 36(1), 42–55.
- Zeng, Y., Liang, Y. C., Hoang, A. T., & Zhang, R. (2010). A review on spectrum sensing for cognitive radio: Challenges and solutions. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2010, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2010/381465>
- Guzmán, C. (2014). Métodos de detección para redes radio cognitivas (Trabajo de diploma). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Yucek, T., & Arslan, H. (2009). A survey of spectrum sensing algorithms for cognitive radio applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 11(1), 116–130. <https://doi.org/10.1109/SURV.2009.090109>
- Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2006). NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13), 2127–2159. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.05.001>
- Wygłinski, A. M., Nekovee, M., & Hou, Y. T. (2010). *Cognitive radio communications and networks: Principles and practice*. Academic Press.
- Ihalainen, T., Viholainen, A., Stitz, T. H., & Renfors, M. (2010). Spectrum monitoring scheme for filter bank based cognitive radios. En 2010 Future Network & Mobile Summit (pp. 1–9). IEEE.
- Fitzek, F. H., & Katz, M. D. (Eds.). (2007). *Cognitive wireless networks: Concepts, methodologies and visions inspiring the age of enlightenment of wireless communications*. Springer Science & Business Media.
- Wygłinski, A. M., Nekovee, M., & Hou, Y. T. (Eds.). (2010). *Cognitive radio communications and networks: Principles and practice*. Academic Press.
- Sze, S. M., & Lee, M. K. (2021). *Semiconductor devices: Physics and technology* (4th ed.).
- Akyildiz, I. F., Lee, W. Y., Vuran, M. C., & Mohanty, S. (2006). NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey. *Computer Networks*, 50(13), 2127–2159. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2006.05.001>
- Waser, R. (Ed.). (2012). *Nanoelectronics and information technology* (3rd ed.). Wiley-VCH.
- Theis, T. N., & Wong, H.-S. P. (2021). The end of Moore's Law: A new beginning for information technology. En 2021 IEEE Hot Chips 33 Symposium (HCS) (pp. 1–41). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HCS52786.2021.9568260>
- Waser, R. (Ed.). (2012). *Nanoelectronics and information technology: Advanced electronic materials and novel devices* (3.^a ed.). Wiley-VCH.

Wygłinski, A. M., Nekovee, M., & Hou, Y. T. (2010). Cognitive radio communications and networks: Principles and practice. Academic Press.

Subramaniam, S., Zhang, Y., & Liu, X. (2020). Semiconductor hardware scaling for adaptive cognitive

systems and real-time processing. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 28(8), 1845–1858. <https://doi.org/10.1109/TVLSI.2020.3001234>

Shellhammer, S. J., Ahmed, S., & Chen, R. (2008). Technical challenges in IEEE 802.22 physical layer

design. *IEEE Communications Magazine*, 46(1), 144–150.
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4427243>

Diseño de un novedoso generador híbrido solar-biogás para un sistema de refrigeración por absorción

Design of a novel solar-biogas hybrid generator for absorption cooling systems

..

Gabriel Ernesto Pando Martínez

Tecnológico Nacional de México,

Instituto Tecnológico de Mexicali

pando@mexicali.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0750-7520>

Daniel Saucedo Carvajal

Centro de Investigación Científica y

de Educación Superior de Ensenada

dsauceda@cicese.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5465-1165>

Nicolás Velázquez Limón

Universidad Autónoma de Baja California

Nicolas.velazquez@uabc.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1509-8851>

Manuel Cervantes Astorga

Universidad Politécnica de Baja California

mcervantesa@upbc.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-9673-3626>

Disciplina: Ingeniería

Resumen

Se presenta el diseño de un novedoso generador para ser utilizado en un sistema de refrigeración por absorción usando como fluido de trabajo amoníaco agua. Se aplicaron balances de masa y energía en los diferentes componentes del generador, se determinaron los coeficientes individuales de transferencia de calor y a través de un estudio paramétrico se obtuvieron las dimensiones del generador. Se ha encontrado que, para un sistema de refrigeración con una capacidad de 17,6 kW, utilizando tubos de acero de carbón SA179, las dimensiones del generador son las siguientes: diámetro del generador de 254 mm, diámetro de la cámara de combustión 101.6 mm con una longitud de 320 mm, dos serpentines helicoidales de 208 mm y 161 mm con un diámetro de 12.7 mm y un paso de 26.3 mm. Con esta configuración, el valor de UA fue de 33,7 W/K y un coeficiente global de transferencia de calor U de 50.8 W/m² K.

Palabras clave: Transferencia de calor por radiación, Transferencia de calor en ebullición, Mezcla amoníaco agua.

Abstract

The design of a novel solar-biogas hybrid generator to be used in an absorption cooling system using ammonia water as working fluid is presented. Applying mass and energy balances in the different components of the generator, the individual heat transfer coefficients are determined and by a parametric study, the dimensions of the generator were obtained. It has been found that for a cooling system of 17.6 kW capacity, using SA179 carbon steel pipe, the dimensions of the generator are as follows: generator diameter of 254 mm, combustion chamber had a diameter of 101.6 mm and a length of 320 mm. Two helical coils, 208 mm and 161 mm in length, respectively, were used, both with a diameter of 12.7 mm and a pitch 26.3 mm. With this configuration, UA value was 33.7 W/K and the overall heat transfer coefficient, U, was of 50.8 W/m² K.

Keywords: Radiation heat transfer, Boiling heat transfer, Ammonia water mixture.

Introduction

Global warming and other environmental issues have attracted increasing attention to renewable energy all over the world in the last decade. Notable policies have been introduced over the past years, including measures targeting efficiency improvements in buildings in Europe and Japan, in motor vehicles in North America, and in air conditioners in parts of the Middle East. Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) is the major energy-consuming sector in buildings, accounting for around 50% of total energy consumption (IEA, 2013), currently, the air conditioning market is dominated by mechanical vapor compression refrigeration systems, however, despite being a technology with over 100 years of development, these systems have a major disadvantage; they have a high energy consumption. In some cities this could increase electricity bills by up to 30% in summer (Athukorala, 2012; Vakiloraya *et al.*, 2014).

Thermally activated advanced cooling systems are considered one of the best options to replace the vapor compression refrigeration technology, meaning that, they can reduce the peak electric demand using natural gas, solar energy or waste heat as an energy source (Kang & Kashiwagi, 2000), furthermore they use environmentally friendly refrigerants such as H₂O and NH₃ which do not contribute to ozone layer depletion, unlike CFCs and HCFC (Bhatti, *et al.*, 2023).

Absorption cooling systems have not changed much in the last 50 years, large capacity units follow the basic design developed in the 1960's (Radermacher, 2007). Units in a range of capacities below 100 kW have been developed in a wide range of designs, but their penetration in the market remains still very low compared to traditional vapor compression systems.

In an absorption cooling system, the generator and the absorber are the components that have the greatest exergy destruction (Yari *et al.*, 2011), this challenge has been addressed by several researchers in the last 20 years; Erickson *et al.* (2004) proposed a dual-function ammonia-water absorption cycle which converts low temperature waste heat to refrigeration, the cycle excels at efficiently converting heat in the range of 120°C to 300°C. Khir *et al.* (2005) studied experimentally the convection heat transfer coefficient in a water heated double pipe type generator of an absorption cooling system, according to the obtained results, they concluded that the heat and mass fluxes have a significant influence on the values of the forced convective boiling heat transfer coefficients of

ammonia water mixture; contrary to the ammonia mass concentration, which has less influence on the values of convection heat transfer coefficient. Vidal *et al.* (2008) presented the thermal model of a direct fired generator with “U” shape combustion chamber flooded with the ammonia water solution, also the combustion gases are used to increase the concentration of the ammonia refrigerant in the second section of the generator. Gómez *et al.* (2008) studied theoretically and experimentally a 10.6 kW capacity indirect fired absorption prototype cooling system, using thermal oil at temperatures from 180 to 195°C, as a heating source. They studied two configurations: the configuration (a) with direct use of the exhaust gases in the generator and configuration (b) with an extra heat exchanger between the thermal oil and the exhaust gases. They concluded that configuration (a) shows a Coefficient of Performance (COP) 10% higher than configuration (b) and second law efficiency is 44% and 26.7% for configuration (a) and (b) respectively, and it is possible to obtain 5 kW more of cooling load with configuration (a). Velázquez *et al.* (2010) studied a Linear Fresnel Reflector Concentrator used as direct generator solar-GAX cooling cycle, their results demonstrate that this configuration not only satisfies the energy demands of the advanced cooling system, but also achieves higher overall efficiencies, as it operates under conditions that maximize the performance of the solar-GAX cycle without significantly affecting the solar collector efficiency. Witt (2010) proposed a flat plate collector to heat propylene glycol that is used to evaporate the ammonia water mixture; however, refinement or redesign of the generator shell heat exchanger is necessary in order to improve the amount of heat flow transferred into the generator.

Several researchers have focused their efforts on developing more compact refrigerant vapor generators. Staedter and Garimella (2018) designed and modeled a diabatic distillation column for an absorption refrigeration system with a 3.5 kW capacity, determining generator heat transfer coefficients on the order of 840 W/m² K, which are lower compared to those of the conventional ammonia-water mixture flow. Keinath *et al.* (2019) and Delahanty *et al.* (2021) studied two types of generators—a vertical column generator and a branched-tray generator—both concluding that the branched-tray design exhibits superior performance compared to the vertical column generator due to its higher UA values. Additionally, Narváez-Romo *et al.* (2022) state that flooded vapor generators require a higher heat source temperature for proper operation than falling-film generators, as the latter present higher heat transfer coefficients.

According to the literature review, the design of the generator is critical to the functioning of the system as it is directly related to the efficiency of absorption cooling systems, although it has been an object of study by many researchers, there lacks a well-defined methodology for the design and sizing of this equipment.

Despite the numerous studies on vapor generators for ammonia water absorption cooling systems, there is limited information regarding the equations used for their design. In addition, the existence of different generator configurations can significantly influence the equations and design methodologies employed.

Methodology

Generative AI Statement:

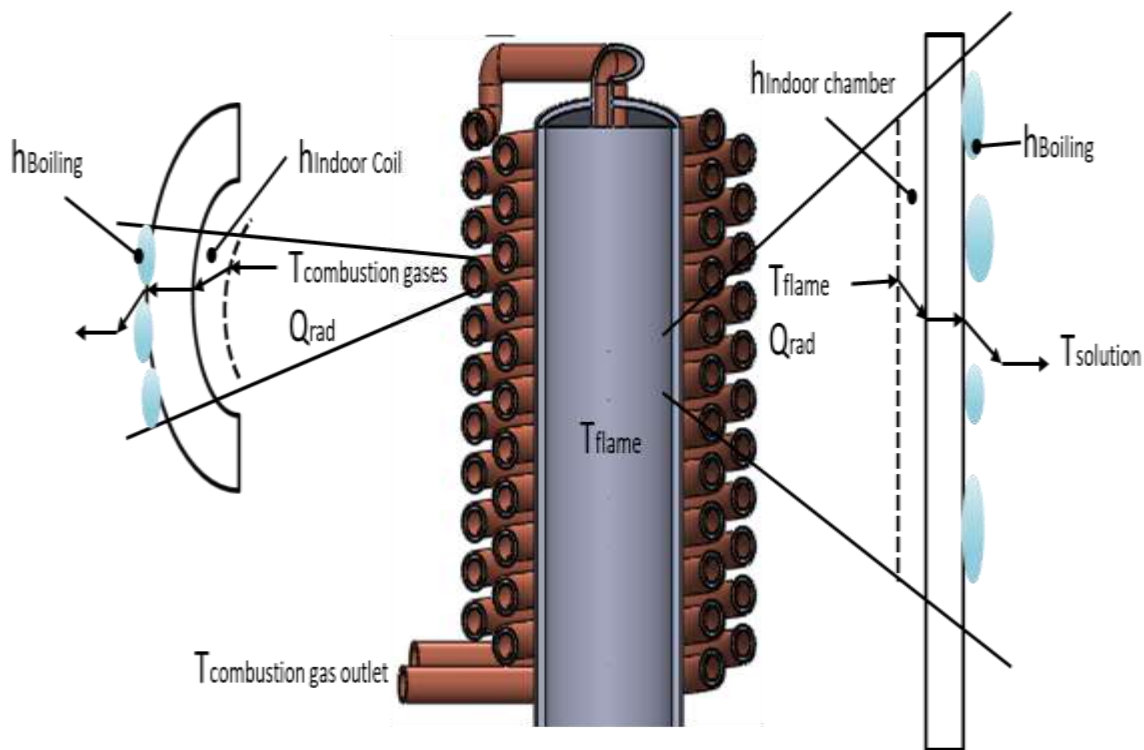
The authors declare that no generative artificial intelligence tools or AI-assisted technologies were used in the drafting of the manuscript, the analysis of the data, or the creation of original content. All work was performed entirely by the authors using conventional methods.

Responsibility:

As the authors of this manuscript, we assume full responsibility for the veracity and accuracy of the data presented. Furthermore, we declare that the analysis was conducted according to criteria of objectivity and neutrality, ensuring that the conclusions faithfully reflect the observed technical reality without distortion.

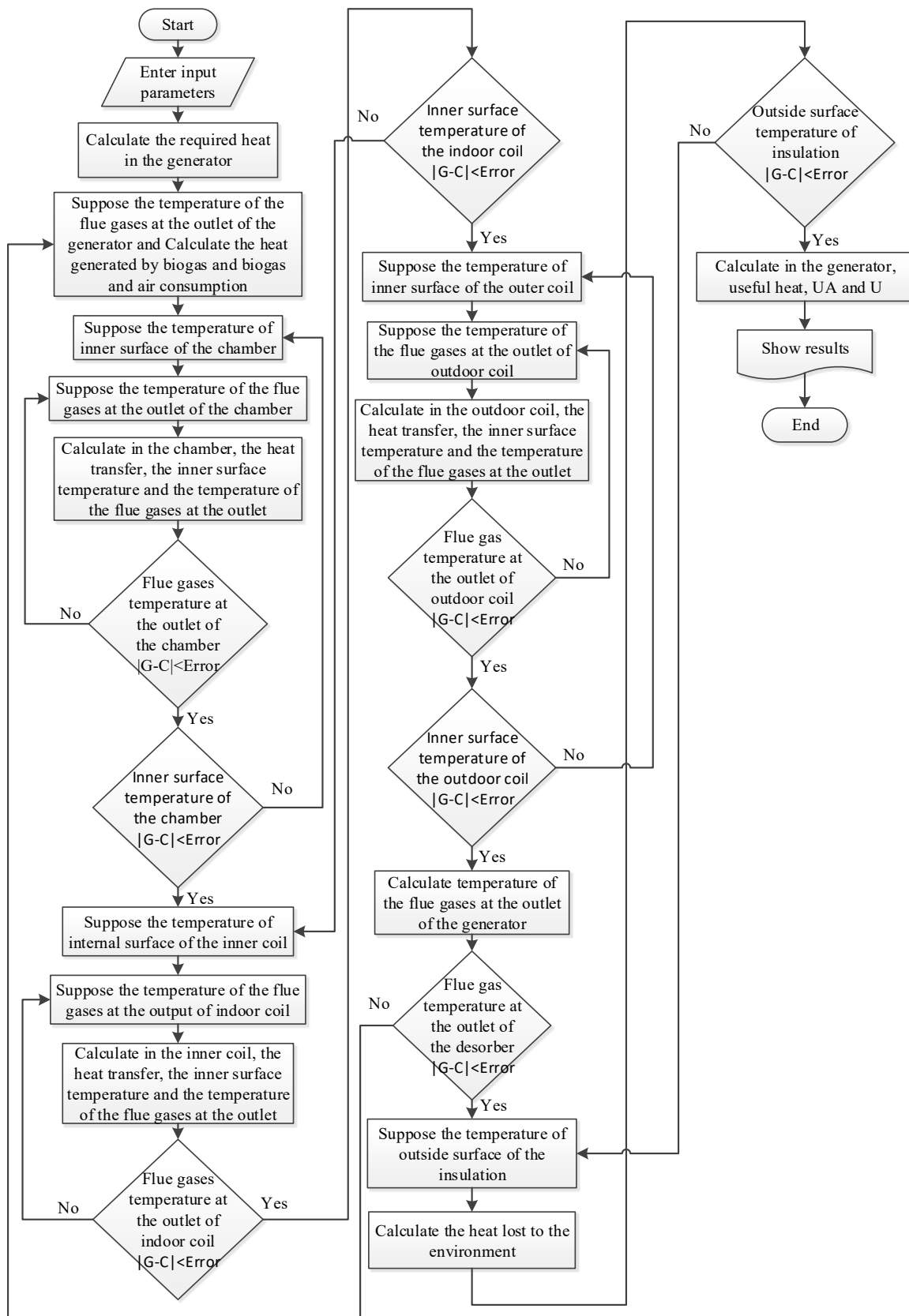
The proposed methodology consists of six main stages and it is based on energy and mass balances in the tubes and chamber of the generator. The radiation and convection heat transfer coefficients on the combustion side, the boiling coefficient of the ammonia water solution, the conduction heat rate both the chamber and the helical coil tubes and the thermal loss to the ambient are calculated assuming the outlet temperature of the solution and the temperature of the surface of each component. Then, through an iterative method, the useful heat gain, as well as the UA and U value, are determined. Figure 1 shows a schematic of the analysis performed on the generator design, and Figure 2 shows a flowchart of the methodology used.

Figure 1. Diagram of the analysis performed on the generator design



Source: Own elaboration

Figure 2. Proposed methodology



Source: Own elaboration

Stage 1:

The definition of the operating parameters, equipment dimensions and the thermal properties of the materials used in the design of the generator, as presented in table 1.

Table 1. operating parameters

Variable	Value	Unit
Heat required in the generator	20.15	kW
Design COP	0.67	—
Biogas heating value	21,500	kJ/m ³
Excess air for combustion	10	%
Generator operating pressure	1.88	MPa
Generator flue gas outlet temperature	145	°C
Ambient temperature	40	°C
External insulation thickness	25.4	mm
Thermal conductivity of external insulation	0.062	W/(m·K)
Thermal conductivity of ASME SA-179 carbon steel	45	W/(m·K)
Roughness of ASME SA-179 carbon steel	0.02	mm
Ammonia vapor fraction	0.842	—
Vapor mass flow rate at the generator outlet	0.002	kg/s

Source: Own elaboration

Stage 2:

The calculate of the thermodynamic properties of the ammonia water solution using the correlations proposed by Ziegler and Trepp (1984) and the heat rate required in the generator.

Stage 3:

The calculation of the biogas and air mass flows required to reach the air excess defined in stage 1, and the maximum heat rate available from the combustion gas. Available heat rate from biogas is calculated using the combustion reaction of biogas which is 60% CH₄ and 40% CO₂ by volume; Although biogas produced from residential waste typically contains 60–70% methane, a methane content of 60% was adopted in this study. This value was selected because increasing the methane concentration increases the heating value of the biogas, which consequently enhances the heat released during combustion.

Considering that air and fuel have an inlet temperature of 25°C and the gases resulting from combustion form a mixture of ideal gases with constant specific heat, the following equations are obtained:

$$\sum_R n_i (H_{R1} - H_{R0})_i = 0 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\sum_P n_i (H_{P2} - H_{P0})_i = n_p (Cp)_p (T_2 - T_0) \quad (\text{Eq. 2})$$

The average specific heat is calculated as follows:

$$(Cp)_p = X_{CO2}(Cp)_{CO2} + X_{H2O}(Cp)_{H2O} + X_{O2}(Cp)_{O2} + X_{N2}(Cp)_{N2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Fuel consumption is calculated taking into account the available heat rate of the fuel with the following equations:

$$Q_{uf} = PCI - [X_i(Cp)_p(T_2 - T_1)] \quad (\text{Eq. 4})$$

$$CF = \left(\frac{Q_{rd}}{Q_{uf}} \right) / \rho \quad (\text{Eq. 5})$$

Temperature of the combustion gases in the chamber is calculated using the correlation of Roslyakov and Egorova (1996).

$$T_f = T_{ad} (1 - \Psi)^{0.25} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\Psi = FF * \zeta \quad (\text{Eq. 7})$$

Stage 4:

In this stage; The evaluation of heat transfer and temperatures in the chamber, inner coil and outer coil are calculated. These processes are carried out through an iterative procedure, where initial temperature values are first assumed, then computed and compared against previous iterations. This loop is repeated until the difference fall below a predefined acceptable error threshold; For example, a tolerance of 0.9 was considered for temperature when comparing the calculated value with the reference temperature.

Radiation heat transfer between combustion gases and chamber

To calculate the radiation heat transfer from combustion gases, the following assumptions were made:

- The flame and the combustion gases within the chamber can be assumed to have the same temperature, given their proximity to the effective radiation zone.
- The surface of the chamber is gray.
- The temperature of combustion gases leaving the chamber is lower than the flame temperature.

Radiation heat transfer between a gas and a gray surface is estimated as follows

$$Q_{radg} = e' A_s \sigma (\varepsilon_g T_g^4 - \alpha_g T_s^4) \quad (\text{Eq. 8})$$

Where:

$$e' = (\varepsilon_s + 1)/2 \quad (\text{Eq. 9})$$

Gas emissivity is estimated from the correlation proposed by Leckner (1972).

$$\varepsilon_i(p_a L, p, T_g) = \varepsilon_0(p_a L, T_g) \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) (p_a L, p, T_g) \quad (\text{Eq. 10})$$

Where:

$$\varepsilon_0(p_a L, T_g) = \exp \left[\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N C_{ij} \left(\frac{T_g}{T_0} \right)^j \left(\log_{10} \frac{p_a L}{(p_a L)_0} \right)^i \right] \quad (\text{Eq. 11})$$

$$\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) (p_a L, p, T_g) = \left\{ 1 - \frac{(a-1)(1-P_E)}{a+b-1+P_E} \exp \left[-c \left(\log_{10} \frac{(p_a L)_m}{p_a L} \right)^2 \right] \right\} \quad (\text{Eq. 12})$$

Gas emissivity is estimated by the following equation (Baukal, 2000, p. 85):

$$\varepsilon_g = \varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O} - \Delta \varepsilon \quad (\text{Eq. 13})$$

Where:

$$\varepsilon = \left(\frac{\xi}{10.7 + 101\xi} - 0.0089\xi^{10.4} \right) \left(\log_{10} \frac{(p_{H_2O} + p_{CO_2})L}{(p_a L)_0} \right)^{2.76} \quad (\text{Eq. 14})$$

And

$$\xi = \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2O} + p_{CO_2}} \quad (\text{Eq. 15})$$

Average length of the flame is obtained by the following equation (Klason *et al.*, 2008):

$$L_m = \frac{3.6 V}{A} \quad (\text{Eq. 16})$$

Convection heat transfer between combustion gases and chamber

Convection heat transfer coefficient is estimated by the Gnielinski correlation (1976):

$$Nu = \frac{(f/8)(Re - 1000)Pr}{1 + 12.7 (f/8)^{0.5} (Pr^{2/3} - 1)} \quad (\text{Eq. 17})$$

where the applicable ranges are $0.5 \leq Pr \leq 2000$ and $3 \times 10^3 < Re < 5 \times 10^6$.

Friction factor for straight and curved tubes is calculated using the correlation proposed by Haaland and Ito, respectively (Haaland, 1983; Ito, 1969):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} \cong -1.8 \log_{10} \left[\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} \right] \quad (\text{Eq. 18})$$

Laminar flow:

$$f = \frac{64}{Re} \left\{ \frac{21.5 (Re \sqrt{D_{in}/D_h})}{[1.56 + \log_{10} (Re \sqrt{D_{in}/D_h})]^{5.73}} \right\} \quad (\text{Eq. 19})$$

where $13.5 < Re (D_{in} / D_h)^{1/2} < 2000$

Turbulent flow:

$$f = \frac{\sqrt{D_{in}/D_h}}{4} \left\{ 0.029 + \frac{0.304}{[Re (D_{in}/D_h)^2]^{0.25}} \right\} \quad (\text{Eq. 20})$$

where $0.034 < Re (D_{in} / D_h)^2 < 300$

Thermodynamic properties of the combustion gases were obtained by a polynomial correlation from data reported by Baukal (2000, p. 473):

$$(\rho, \mu, Cp, k, Pr) = a + bT + cT^2 + dT^3 + eT^4 + fT^5 \quad (\text{Eq. 21})$$

Coefficients for these equations are shown in table 2, which are applicable over the temperature range of $366 \text{ K} < T < 2255 \text{ K}$.

Table 2. Coefficients for Equation (21)

Properties					
	ρ	μ	C_p	k	Pr
a	2.29834	2.65179E-06	1.39086	0.02433	0.79339
b	-0.00594	4.6821E-08	-0.00179	-5.73554E-05	2.04912E-05
c	7.50317E-06	-3.26645E-12	4.06349E-06	2.41707E-07	-2.31353E-07
d	-4.94073E-09	-1.06808E-14	-3.46538E-09	-1.86828E-10	2.6590E-10
e	1.62524E-12	6.93143E-18	1.27348E-12	5.28448E-14	-1.16228E-13
f	-2.10642E-16	-1.32206E-21	-1.54599E-16	-1.68821E-18	1.57915E-17

Source: Own elaboration

Boiling heat transfer coefficients for the ammonia water mixture

Boiling coefficient for the ammonia water mixture is calculated by the following equation (Stephan and Korner, 1969):

$$h_B = h_{BI} \frac{1}{[1 + 3.1(0.88 + 0.12P_{sys})(y - x)]} \quad (\text{Eq. 22})$$

where:

$$h_{BI} = \frac{1}{\left(\frac{x}{h_{NH3}} + \frac{1-x}{h_{H2O}}\right)} \quad (\text{Eq. 23})$$

Convection heat transfer coefficient for the ammonia water mixture was estimated by the correlation of Gorenflo (2006):

$$h_{NH3} = 7000 F(P_r) \left(\frac{q}{20000}\right)^{n(P_r)} \left(\frac{\epsilon}{4 \times 10^{-7}}\right)^{0.133} \quad (\text{Eq. 24})$$

$$h_{H2O} = 5600 F(P_r) \left(\frac{q}{20000}\right)^{n(P_r)} \left(\frac{\epsilon}{4 \times 10^{-7}}\right)^{0.133} \quad (\text{Eq. 25})$$

Stage 5:

The calculation of the heat loss from the surface of the generator to the ambient, this process was carried out based on the method proposed in the ASTM-C680 standard (2003).

Convection heat transfer coefficient from the surface to the ambient is estimated as follows

$$hc = 2.7241 * 1.016 * da^{-0.2} * \left[\frac{1.11}{tsup + ta - 510.44} \right]^{0.181} * [1.8 * (tsup - ta)]^{0.266} * (1 + 7.9366 \times 10^{-4} * S)^{0.5} \quad (\text{Eq. 26})$$

Radiation heat transfer coefficient is calculated by the next correlation:

$$hr = 0.9824 \times 10^{-8} * Emss * \left[\frac{ta^4 - tsup^4}{ta - tsup} \right] \quad (\text{Eq. 27})$$

Global heat transfer coefficient is calculated as follows:

$$hs = hc + hr \quad (\text{Eq. 28})$$

Heat flux is estimated by the next expression:

$$q = \pi * \frac{top - ta}{\frac{1}{2k_{ins}} * \ln \frac{da}{do} * \frac{1}{hs}} \quad (\text{Eq. 29})$$

Stage 6:

The determination of values of U and UA involves the application of energy balances on each component of the generator; that is:

$$Q_{gen} = Q_{ch} + Q_{hci} + Q_{hco} \quad (\text{Eq. 30})$$

Then UA value is calculated by the next equation:

$$Q_{gen} = U * A * LMTD \quad (\text{Eq. 31})$$

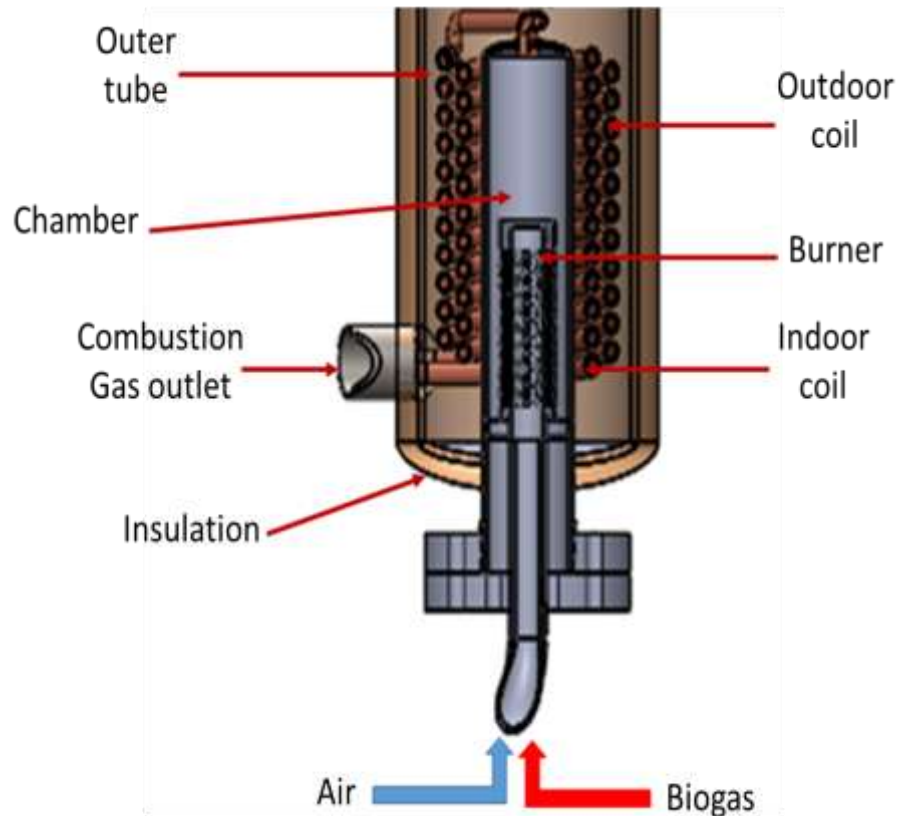
System description

The generator under study was designed to operate an advanced absorption cooling system of 17.6 kW cooling capacity; it can work with biogas generated from residential organic waste that has a methane content between 60 and 70% (Rasi *et al.*, 2007). The generator is shown in figure 3, it basically consists of a 254 mm nominal-diameter tube, inside which the combustion chamber and two helical coils are concentrically arranged.

The combustion gases do not come into direct contact with the ammonia–water mixture. Therefore, the combustion chamber is equipped with a cover that allows the combustion gases to flow toward the helical coils. At its lower end, the combustion chamber is fitted with a 150# flange to facilitate coupling with the burner.

Once the combustion gases leave the combustion chamber, they pass through two helical coils before completely exiting the generator. These coils are arranged concentrically around the furnace. The coil tube diameter and pitch are the same for both coils; however, they have different helix diameters. The number of turns of the inner coil is one and a half turns greater than that of the outer coil, allowing both coils to exit on the same side of the outer tube.

Figure 3. Scheme of the generator



Source: Own elaboration
Results

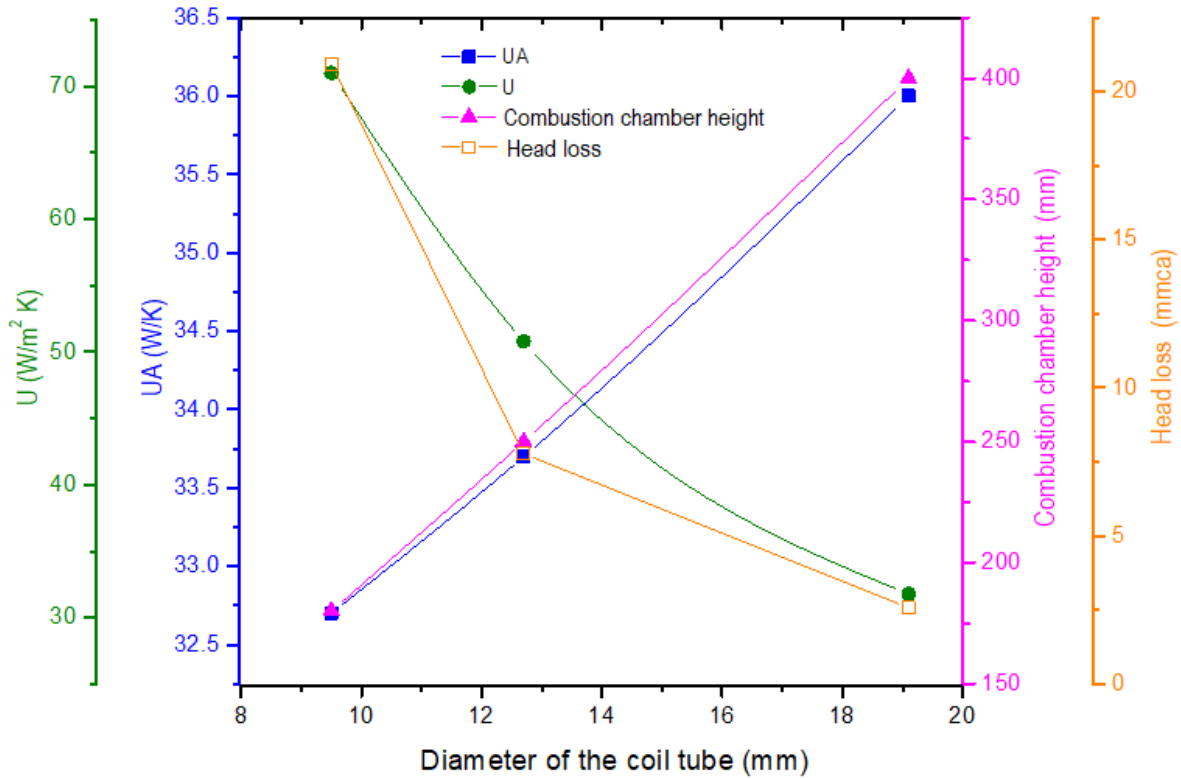
A parametric study of the generator conducted for different coil diameters is shown in Table 3 and Figure 4, with a heat input of 20.5 kW in all cases.

Table 3. Simulation results for the generation stage

Diameter of the coil tube	UA	U	Area	Head los
mm	W/K	W/m ² K	m ²	mmca
9.5	32.7	71.0	0.458	20.93
12.7	33.7	50.8	0.664	7.77
19.1	36.0	31.8	1.140	2.57

Source: Own elaboration

Figure 4. Behavior of different variables for different coil tube diameters



Source: Own elaboration

The results show that a 9.5 mm coil diameter yields a higher overall heat transfer coefficient and a smaller surface area, resulting in more compact dimensions. However, its pressure drop is substantially higher than that of the 12.7 mm diameter coil, which would require a higher-power fan if selected. Therefore, the use of a 12.7 mm coil diameter is recommended, with its main parameters presented in Table 3.

Table 3. Final dimensions of the generator.

Parameter	Value
Diameter of the chamber	101.6 mm
Diameter of the coil tube	12.7 mm
Diameter of the indoor coil	161 mm
Diameter of the outdoor coil	208 mm
Diameter of the outer tube	254 mm
Length of the chamber	250 mm
Length of the indoor coil	5560 mm
Length of the outdoor coil	6202 mm
Length of the outer tube	320 mm
Helix pitch	22 mm
Number of turns of the indoor coil	11

Number of turns of the outdoor coil	9.5
-------------------------------------	-----

Source: Own elaboration

Discussion

For the generator sizing, the available space in a 17.6 kW Robur absorption cooling system was taken into account. The procedure was as follows: first, the outer tube diameter was established at a maximum of 330 mm, including the insulation layer. For the combustion chamber, considering that the proposed design features two coils, a combustion chamber with a nominal diameter of 101.6 mm and a generator shell (outer tube) with a nominal diameter of 254 mm (10") were selected, accounting for a 25.4 mm thick fiberglass insulation layer.

The generator using helical coils has some advantages for example, their high heat transfer area per unit volume of space, a good adaptability to cylindrical shapes and an excellent performance in the presence of thermal expansion, behaving as a spring (Flórez-Orrego *et al.*, 2012).

According to the methodology, in the first stage, the design parameters were defined as follows, the combustion chamber diameter (101.6 mm) was chosen in function of the diameter of the burner (50.8 mm). The coils are to be concentric with an equidistant length between them; to maintain a uniform film of the ammonia-water mixture; therefore, the helix diameters of the inner and outer coils will be 161 and 208 mm, respectively.

Were considered commercially available diameters of 9.5, 12.7 and 19.1 mm for the coils, it was found that as the diameter decreases, the overall coefficient of heat transfer increases due to the increase of the coefficient of convection of the fluid caused by increased speed fluid.

It is necessary to strike a balance between the overall heat transfer coefficient and the pressure drop, since a coil tube diameter of 9.5 mm achieved a 39.8% improvement in the overall heat transfer coefficient compared to a 12.7 mm diameter; however, the pressure drop increased by 62.9%, which necessitates the use of a higher-power combustion fan.

Conclusions

A methodology for the design of a hybrid solar biogas generator is presented; it is based in six main steps, which facilitate the calculation of the heat flow in the different components of the generator, and therefore the calculation of the overall heat transfer coefficient.

According to the predictions obtained using the model proposed in the methodology, for a capacity of 20.5 kW, the generator dimensions are as follows: a diameter of 219.08 mm, a length of 320 mm, a coil tube diameter of 12.7 mm, and coil helix diameters of 161 mm and 208 mm for the inner and outer coils, respectively. With these dimensions, an overall heat transfer coefficient of 50.8 W/m² K is obtained.

The generator was designed to activate an absorption cooling system with a capacity of 17.6 kW operating under the GAX cycle. The generator can operate in three different modes: solely with solar

energy, using parabolic trough solar collectors through which the ammonia-water solution is circulated; solely with biogas; or in a hybrid solar-biogas configuration.

Future Lines of Research

This work presents the design methodology of a novel generator intended for use in an ammonia-water absorption refrigeration system; however, the design is based solely on heat transfer considerations. Therefore, it is important to continue conducting research aimed at:

Experimental validation of the proposed hybrid solar–biogas generator will be performed to assess the heat transfer coefficients employed in its design and the accuracy of the corresponding heat transfer correlations under actual operating conditions. Furthermore, the technical feasibility of integrating the proposed generator into absorption cooling systems will be investigated.

Evaluating the pressure drop within the generator, since the required fan power depends on it, in order to achieve a balance between generator size and pressure drop on the combustion gas side.

Evaluating different construction materials in the pursuit of developing the most compact generator possible.

Designing a GHX (Generator Heat Exchanger) that enables proper coupling with the generator.

Conflict of Interest:

The authors declare that the research was conducted without any commercial or financial relationships that could be interpreted as a potential conflict of interest.

Ethical Approval:

Not applicable.

References

- ASTM-C680-03a, Standar practice for estimate of the heat gain or loss and the surface temperatures of insulated flat, cylindrical, and spherical systems by use of computer programs, ASTM International, United States, 2003.
- Athukorala, N., Feasibility study of heat driven cooling based thermal energy storage, M.S. Thesis, KTH Industrial Engineering and Management, (2012).
- Bhatti, S.S., *et al.*, Enviroment-friendly refrigerants for sustainable refrigeration and air conditioning: A review, Current World Enviroment, vol 18 No. 3 (2023) 933-947.
<http://dx.doi.org/10.12944/CWE.18.3.03>
- Baukal, Ch. Jr., Heat Transfer in Industrial Combustion, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000.
- Delahanty, J. C., *et al.*, Desorber and rectifier geometries for ammonia-water absorption systems; Part II: Mass transfer, flooding, and component performance, International Journal of Refrigeration, 122 (2021) 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.10.021>
- Erickson, D.C., *et al.*, Heat activated dual function absorption cycle, ASHRAE Transactions, 1 (2004) 110.
- Flórez-Orrego, D., *et al.*, Experimental and CFD study of a single phase cone-shaped helical coiled heat exchanger: An empirical correlation, Procedings of ECOS 2012 The 25th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Vol. 1 (2012) 302-320.
- Gnielinsky, V., New equations for heat and mass transfer in turbulent pipe and channel flow, International Chemical Engineering, 16 (1976) 359-368.
- Gómez, V.H., *et al.*, Theoretical and experimental evaluation of an indirect-fired GAX cycle cooling system, Applied Thermal Engineering, 28, (8-9) (2008) 975-987.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.06.027>
- Gorenflo, D., Behältersieden (sieden in freir konvektion). VDI-Wärmeatlas, 10 Auflage, Berlin, Springer-Verlag. (Modul HAB), 2006.
- Haaland, S.E., Simple and explicit formulas for the friction factor in turbulent pipe flow, Journal Fluids Engineering, (1983) 89-90. <https://doi.org/10.1115/1.3240948>
- IEA, World Energy Outlook 2013, International Energy Agency, 2013.
- Ito, H., Laminar flow in curved pipes, Mathematical Mechanic, 49 (1969) 653-663.
<https://doi.org/10.1002/zamm.19690491104>
- Kang, Y. and Kashiwagi, T., An environmentally friendly GAX Cycle for panel heating: PGAX cycle, International Journal of refrigeration, 23 (2000) 378-387. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(99\)00069-9](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(99)00069-9)
- Keinath, C. M., *et al.*, Experimental assessment of alternative compact configurations for ammonia-water desorption, Applied Thermal Engineering, 161 (2019) 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.113852>
- Khair, T., *et al.*, Experimental study on forced convective boiling of ammonia-water mixtures in a vertical smooth tube, The Arabian Journal for Science and Engineering, 30 (1B) (2005) 47–63.
- Klason, T., *et al.*, Investigation of radiative heat transfer in fixed bed biomass furnaces, Fuel, 87 (10-11) (2008) 2141-2153. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.11.016>
- Leckner, B., Spectral and total emissivity of water vapor and carbon dioxide, Combustion Flame, 19 (1972) 33-38. [https://doi.org/10.1016/S0010-2180\(72\)80084-1](https://doi.org/10.1016/S0010-2180(72)80084-1)

- Narváez-Romo, B., *et al.*, Heat and mass transfer in falling films technology applied to the generator and the rectifier of an ammonia-water absorption refrigeration cycle, *International Journal of Refrigeration*, 135 (2022) 276–287. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.11.033>
- Radermacher, R., Development trends and research and development opportunities for small packaged absorption equipment, *HVAC&R Research*, 13 (2) (2007) 163-164. <https://doi.org/10.1080/10789669.2007.10390949>
- Rasi, S., *et al.*, Trace compounds of biogas from different biogas production plants, *Energy*, 32 (8) (2007) 1375-1380. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.10.018>
- Roslyakov, P.V. and Egorova, L.E., Influence of the basic characteristics of active burning zone on nitrogen oxides formation, *Thermal Engineering*, 9 (1996) 22-26.
- Staedter, M. A., Garimella S., Design and modeling of a microscale diabatic distillation column for small capacity ammonia–water absorption systems, *International Journal of Refrigeration*, 94 (2018) 161–173. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.06.018>
- Stephan, K., Korner, M., Calculation of heat transfer in evaporating binary liquid mixtures, *Chemie Ingenieur Technik*, 41 (7) (1969) 409-417.
- Vakiloroaya, V., *et al.*, A review of different strategies for HVAC energy saving, *Energy Conversion and Management*, 77 (2014) 738-754. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.10.023>
- Velázquez, N., *et al.*, Numerical simulation of a lineal Fresnel reflector concentrator used as direct generator in a solar-GAX cycle, *Energy Conversion and Management*, 51 (2010) 434-445. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.10.005>
- Vidal, A., *et al.*, Thermal Model of a Gas Fired Generator for an Absorption GAX Cooling, in *Proceedings of 2008 ASME Summer Heat Transfer Conferences*, (2008) 1–8. <https://doi.org/10.1115/HT2008-56186>
- Witt, M.B., Laboratory simulation, computer modeling, and design of a solar thermal ammonia-water absorption refrigeration system, M.S. Thesis, Arizona State University, (2010).
- Yari, M., *et al.*, Energy and exergy analyses of GAX and GAX hybrid absorption refrigeration cycles, *Renewable Energy*, 36 (7) (2011) 2011–2020. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.01.004>
- Ziegler, B. and Trepp, Ch., Equation of state for ammonia-water mixtures, *International Journal of Refrigeration*, 7 (2) (1984) 101-106. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(84\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0140-7007(84)90022-7)

Author's Contribution

Rol Credit	Pando	Sauceda	Velazquez	Cervantes
Conceptualization	X		X	
Methodology	X			
Software	X	X		
Validation		X	X	
Formal Analysis	X			
Research	X			X
Original Draft Text	X			
Translate		X		
Writing, revision, and editing	X			X

Supervision		X	X	
-------------	--	---	---	--

Nomenclature

A	Area (m^2)
CA	Air consumption (m^3/s)
CF	Fuel consumption (m^3/s)
Cp	Specific heat at constant pressure (kJ/kg K)
D	Diameter (m)
da	Outside pipe diameter, including insulation thickness (m)
e'	Gray body emissivity
Emss	Insulated surface emissivity
f	Friction factor
FF	Correction factor
H	Enthalpy (kJ/kg)
h	Heat transfer coefficient ($\text{W/m}^2 \text{K}$)
k	Thermal conductivity (W/m K)
L	Length (m)
LMTD	Logarithmic Mean Temperature Difference (K)
n	Component
Nu	Nusselt number
P	Pressure (bar)
PCI	Lower heating value (kJ/kg)
Pr	Prandtl number
Q	Heat rate (kW)
q	Heat flux (W/m^2)
Re	Reynolds number
S	Wind speed (m/h)
T	Temperature (K)
ta	Ambient temperature (K)
top	Operating temperature (K)
tsup	Outside surface temperature of insulation (K)
U	Overall heat transfer coefficient ($\text{W/m}^2 \text{K}$)
V	Volume of the enclosure (m^3)
X	Mass fraction of the species i in the combustion gases
x	Liquid mass concentration
y	Vapor mass concentration

Subscripts

0	Reference
1	Initial
2	Final
a	Partial
ad	Adiabatic

B	Boiling
Bl	Ideal boiling
C	Calculate
ch	Chamber
f	Flame
G	Guess
g	Gas
gen	Generator
h	Helix
hci	Indoor coil
hco	Outdoor coil
in	Inside
ins	Insulating
le	lost to the environment
m	Average
P	Products
R	Reactives
rd	Required in the generator
s	Surface
sys	System
uf	Useful fuel

Greek symbols

Δ	Increase
ε	Emissivity
ϵ	Roughness (m)
μ	Viscosity (Pa s)
ρ	Density (kg/m ³)
σ	Stefan-Boltzmann constant ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)
ζ	Coefficient of contamination from walls
ψ	Coefficient of thermal absorptivity

Prototipo de sistema de verificación de identidad mediante reconocimiento facial basado en visión artificial con requisitos mínimos de hardware para admisión a instituciones del TecNM

Computer vision-based facial recognition identity verification system with minimum hardware requirements for admission to TecNM institutions

Rigoberto Reyes Valenzuela

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
rigobertoreyes@itmexicali.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8570-8563>

Albino Martínez Sibaja

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
albino.ms@orizaba.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-8118-1100>

Manuel de Jesús López Pérez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Mexicali
manuelalfa.lp@itmexicali.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-6565-6404>

José Pastor Rodríguez Jarquin

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
jose.rj@orizaba.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5342-8199>

Disciplina: Ingeniería

Resumen

Esta investigación propone un prototipo de sistema de validación de identidad en línea para aspirantes al TecNM, basado en inteligencia artificial y operable con hardware básico. La validación de identidad en exámenes de ingreso en línea se volvió una necesidad para reducir riesgos de suplantación y fortalecer la confianza en los procesos de evaluación. Se planteó desarrollar un prototipo de sistema de verificación de identidad mediante reconocimiento facial, operable con teléfonos inteligentes y un servidor central. Se diseñó un prototipo basado en Python 3.7.9, OpenCV 4.7.0.72, PyQt 5.14, detección de rostros, extracción de vectores biométricos y comparación contra registros previos. El teléfono inteligente se utilizó como dispositivo de captura, mientras que el procesamiento se concentró en el servidor para reducir la dependencia del hardware del usuario. Se obtuvo una interfaz de monitoreo para el servidor y una aplicación móvil capaz de informar al aspirante sobre el estado de reconocimiento, enviar capturas periódicas y activar alertas cuando la identidad no coincidió con el registro. El prototipo demostró viabilidad técnica como apoyo a procesos de evaluación en educación superior, siempre que su implementación incorpore consentimiento informado, protección de datos, pruebas de desempeño y mecanismos de revisión humana.

Palabras clave: visión artificial; procesamiento de imágenes; evaluación en la educación.

Abstract

This research proposed an online identity validation system prototype for applicants to TecNM, based on artificial intelligence and designed to operate with basic hardware. Identity validation in online admission examinations became necessary to reduce impersonation risks and strengthen trust in assessment processes. The objective was to develop an identity verification system using facial recognition, operable through smartphones and a central server. A prototype was designed using Python 3.7.9, OpenCV 4.7.0.72, PyQt 5.14, face detection, biometric vector extraction, and comparison against previously registered records. The smartphone was used as the image capture device, while processing was concentrated on the server to reduce dependence on the user's hardware. A server monitoring interface and a mobile application were developed, capable of informing applicants about their recognition status, sending periodic image captures, and triggering alerts when the verified identity did not match the registered profile. The prototype demonstrated technical feasibility as a support tool for higher education assessment processes, provided that its implementation includes informed consent, data protection, performance testing, and human review mechanisms.

Keywords: computer vision; image processing; educational assessment.

Introducción

El crecimiento de los entornos digitales en la educación superior ha propiciado una mayor implementación de evaluaciones virtuales, sistemas de administración académica y procesos de admisión a distancia. Bajo este contexto, las instituciones educativas enfrentan la necesidad de garantizar que la persona que realiza una evaluación corresponde efectivamente al aspirante o estudiante previamente registrado, procurando al mismo tiempo mantener condiciones de equidad y accesibilidad tecnológica para toda la comunidad estudiantil. En consecuencia, los mecanismos de validación de identidad adquieren un papel fundamental para fortalecer la credibilidad institucional, la integridad académica y la prevención de prácticas de suplantación.

Dentro de las tecnologías emergentes aplicadas a este propósito, la biometría facial representa una herramienta de gran relevancia, ya que permite verificar la identidad de un individuo mediante el análisis y comparación de características faciales previamente registradas. A diferencia de métodos convencionales basados en contraseñas, credenciales físicas o códigos de acceso, el reconocimiento facial incorpora la presencia física del usuario como elemento de autenticación durante el proceso de evaluación. Desde el campo de la visión por computadora, este procedimiento implica diversas etapas técnicas, entre ellas la detección del rostro, el preprocesamiento y normalización de la imagen, la extracción de atributos distintivos y la evaluación del nivel de coincidencia respecto a registros almacenados previamente (Jain et al., 2004; Viola & Jones, 2001).

Sin embargo, la implementación de sistemas de reconocimiento facial en contextos educativos requiere un análisis cuidadoso de sus alcances y limitaciones. La precisión de estos sistemas puede verse influenciada por factores como la iluminación del entorno, la calidad y resolución de la cámara, el ángulo de captura, la estabilidad de la conexión y la variabilidad natural de los rasgos faciales entre individuos. Asimismo, debido a que este tipo de tecnologías involucra el tratamiento de datos

biométricos, su aplicación debe realizarse bajo criterios éticos y normativos que contemplen el consentimiento informado de los usuarios, la protección y minimización de datos personales, la existencia de mecanismos de supervisión humana y la disponibilidad de alternativas que eviten posibles escenarios de exclusión o afectación injustificada (Schlett et al., 2022; Smith & Miller, 2022).

La implementación de un sistema de reconocimiento facial en el proceso de exámenes de ingreso al Tecnológico Nacional de México (TecNM) representa una evolución significativa hacia la seguridad, eficiencia y transparencia en la evaluación de los aspirantes. El uso de teléfonos inteligentes como herramienta para capturar imágenes faciales, combinado con un servidor central que procesa y verifica estas imágenes en tiempo real, permitirá una autenticación precisa y rápida de los estudiantes que presenten el examen. Este sistema tiene como objetivo garantizar que la persona que se presenta al examen sea la misma que se inscribió, eliminando riesgos de suplantación de identidad y otros fraudes relacionados.

A través del reconocimiento facial, que es una tecnología de autenticación biométrica avanzada, se optimiza la experiencia de los estudiantes y se minimizan los costos operativos, al reducir la necesidad de personal de vigilancia. Además, el uso de dispositivos móviles universales como los smartphones facilita la implementación del sistema, ya que no requiere equipos especializados o costosos. De esta forma, se asegura la integridad del proceso de selección, mejorando la confiabilidad de los resultados y promoviendo una mayor confianza en el sistema educativo del TecNM.

Este enfoque no solo moderniza el proceso de evaluación, sino que también responde a las crecientes necesidades de protección de datos y privacidad, alineándose con las mejores prácticas de seguridad en el ámbito educativo y tecnológico. En un entorno donde la confianza y la transparencia son esenciales, un sistema de reconocimiento facial representa un paso hacia una educación más equitativa y segura.

Implementar un sistema de reconocimiento facial para procesos de evaluación de exámenes de ingreso a través de smartphones es una tarea compleja que involucra diversos desafíos técnicos, éticos y operativos. A continuación, se describen algunas de las problemáticas clave que deben ser enfrentadas durante el desarrollo y la implementación de dicho sistema:

1. Calidad de la Imagen y Condiciones de Captura

Aunque los smartphones modernos tienen cámaras de alta calidad, no todos los dispositivos cuentan con la misma capacidad de resolución, lo que puede afectar la precisión en la captura de imágenes faciales. Los exámenes podrían ser tomados con dispositivos de diferentes generaciones y marcas, lo que puede generar inconsistencias (Schlett et al., 2022).

Las condiciones de luz son un factor crítico en el reconocimiento facial. Si la iluminación en el entorno del examen no es adecuada, el sistema podría no reconocer correctamente los rostros o generar falsos negativos (rechazo indebido) o falsos positivos (aceptación indebida).

La posición del rostro y el ángulo con el que se captura la imagen también son factores importantes. Si un aspirante no está alineado correctamente o si la cámara del teléfono no tiene un ángulo adecuado, podría dificultarse la identificación precisa.

2. Variabilidad en las Características Faciales

Factores como el maquillaje, el crecimiento de vello facial, el uso de gafas, la expresión facial y la edad pueden alterar significativamente las características faciales. Esto podría dificultar la comparación exacta entre una foto reciente y la imagen registrada, especialmente si el sistema no está entrenado para manejar estas variaciones.

Lesiones o condiciones de salud como la hinchazón de la cara, cicatrices o deformidades temporales pueden afectar el reconocimiento facial. Esto podría causar problemas para validar la identidad si no se tiene en cuenta esta diversidad (Ruan et al., 2021).

3. Protección de Datos y Privacidad

El manejo de imágenes faciales entra en el terreno de la biometría, lo que implica cumplir con estrictas leyes de protección de datos personales, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en Europa, o las regulaciones locales en México, como la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. El sistema debe ser diseñado para asegurar que los datos personales, especialmente las imágenes faciales, sean almacenados y procesados de manera segura (European Parliament and Council, 2016; Congreso de la Unión, 2010).

Es crucial obtener el consentimiento explícito de los aspirantes para el uso de sus datos biométricos. Sin este consentimiento claro y bien informado, el sistema podría enfrentarse a desafíos legales y éticos.

Los sistemas de reconocimiento facial están sujetos a vulnerabilidades de seguridad. Si no se implementan correctamente medidas de cifrado y protección de los datos almacenados, podrían producirse filtraciones de datos personales muy sensibles, lo que generaría riesgos de suplantación de identidad o uso indebido de la información.

4. Precisión y Fiabilidad del Sistema

Los sistemas de reconocimiento facial no son infalibles. Pueden presentar falsos positivos (cuando el sistema identifica incorrectamente a una persona) y falsos negativos (cuando no logra identificar a la persona correctamente). Estos errores pueden comprometer la equidad del proceso de evaluación y generar frustración tanto en los estudiantes como en los administradores del examen (Smith & Miller, 2022).

Los sistemas deben poder funcionar en diversas condiciones, como diferentes ambientes de iluminación, tipos de dispositivos y diversas configuraciones de cámaras. Además, deben adaptarse a diferentes tipos de rostros, edades y características étnicas para evitar sesgos en el sistema.

5. Accesibilidad y Uso de Tecnología

Aunque la mayoría de las personas en áreas urbanas tienen acceso a smartphones, en algunas regiones o entre ciertos grupos de población, el acceso a dispositivos adecuados podría ser limitado. Esto podría generar una desigualdad en las oportunidades para presentar el examen de forma digital (Thurzo et al., 2022).

No todos los aspirantes tienen el mismo nivel de familiaridad con la tecnología. Algunos estudiantes podrían tener dificultades para utilizar la cámara del teléfono correctamente o para entender el proceso de registro y autenticación en el sistema. Esto podría generar una barrera para aquellos menos experimentados con dispositivos móviles.

6. Escalabilidad y Desempeño

En un escenario de alto volumen, como el de un examen de ingreso con miles de aspirantes, el sistema de reconocimiento facial debe procesar las imágenes de manera rápida y eficiente. Si el servidor no está optimizado o si los recursos no son suficientes, se podrían generar retrasos, lo que podría afectar la experiencia del usuario (Brock et al., 2021).

Para que el sistema funcione correctamente, es necesario que haya una buena conexión a internet tanto para la subida de las imágenes como para el procesamiento en los servidores. En áreas con acceso limitado a internet de alta velocidad, este puede ser un obstáculo significativo.

7. Falsificación y Suplantación de Identidad

Aunque el reconocimiento facial es bastante preciso, aún existe la posibilidad de que un aspirante intente engañar al sistema utilizando una fotografía o un video en lugar de una imagen en vivo. Para contrarrestar este riesgo, se debe integrar una verificación de "liveness", que detecte si la imagen proviene de una persona en vivo y no de una pantalla o fotografía (Wang & Guo, 2021).

Las tecnologías de inteligencia artificial, como los deepfakes, permiten crear imágenes o videos falsos de una persona. Estos podrían ser utilizados para manipular el sistema de reconocimiento facial y suplantar la identidad de un aspirante.

8. Mantenimiento y Actualización del Sistema

El sistema necesitará actualizar las imágenes registradas de los aspirantes a medida que cambian con el tiempo (por ejemplo, si el aspirante cambia su apariencia física). Esto plantea el desafío de mantener la base de datos de imágenes actualizada sin comprometer la seguridad o la precisión del sistema (Laishram et al., 2025).

A medida que se implementa el sistema, será necesario monitorizar su desempeño constantemente para asegurarse de que se mantenga efectivo frente a nuevas amenazas y condiciones cambiantes.

La investigación desarrollada en este trabajo planteó el diseño e implementación de un sistema de validación de identidad dirigido a aspirantes del Tecnológico Nacional de México, utilizando técnicas de visión artificial y reconocimiento facial como mecanismo principal de autenticación. La propuesta tecnológica fue diseñada considerando criterios de accesibilidad y viabilidad operativa, permitiendo su funcionamiento mediante dispositivos de uso común, particularmente teléfonos inteligentes, mientras que el procesamiento y análisis de la información se ejecutan en un servidor institucional centralizado. Este enfoque permitió aprovechar la disponibilidad de dispositivos móviles para la captura de imágenes, delegando las tareas de mayor exigencia computacional a una infraestructura controlada y con mayor capacidad de procesamiento.

El propósito de este capítulo consistió en presentar de manera estructurada y académicamente sólida el desarrollo del sistema de verificación de identidad, abarcando su diseño metodológico, implementación, análisis de resultados, discusión técnica y conclusiones derivadas de la investigación. La organización del contenido facilita la comprensión integral del problema abordado y de los desafíos asociados a la autenticación de identidad en entornos digitales. Posteriormente, se describe la metodología empleada para el desarrollo del prototipo, se exponen los resultados funcionales obtenidos durante las pruebas realizadas y se analizan tanto sus alcances como las limitaciones identificadas. Finalmente, se presentan las conclusiones generales del estudio y las posibles líneas de investigación futura orientadas al fortalecimiento y evolución del sistema propuesto.

Desafíos del reconocimiento facial en procesos de evaluación en línea

La incorporación de tecnologías de reconocimiento facial en procesos de admisión y evaluación virtual representa un desafío importante para las instituciones de educación superior, debido a la necesidad de equilibrar la seguridad de los procesos con condiciones adecuadas de accesibilidad e inclusión. Mientras que las instituciones requieren mecanismos confiables que permitan validar de manera eficiente la identidad de los aspirantes, también es indispensable evitar que las limitaciones tecnológicas de los usuarios generen barreras injustificadas durante el proceso de evaluación. Factores como la calidad de la cámara, las condiciones de iluminación, la estabilidad de la conexión a internet o el nivel de experiencia tecnológica de los participantes pueden influir directamente en el desempeño del sistema, por lo que resulta necesario desarrollar soluciones tecnológicas que no dependan exclusivamente de dispositivos de alto rendimiento.

Desde una perspectiva operativa, un sistema de validación de identidad debe ser capaz de autenticar al usuario al inicio de la evaluación y mantener mecanismos razonables de verificación durante el desarrollo del examen. No obstante, la toma de decisiones completamente automatizadas puede generar riesgos relacionados con la equidad y confiabilidad del proceso, particularmente cuando las inconsistencias detectadas derivan de problemas de captura, variaciones naturales en la apariencia del usuario, uso de accesorios como lentes, cambios en las condiciones de iluminación o interrupciones de conectividad. En consecuencia, resulta recomendable complementar los mecanismos automáticos con procesos de supervisión y validación humana que permitan revisar alertas o incidencias antes de emitir una resolución definitiva.

En los últimos años, los sistemas de reconocimiento facial han mostrado avances significativos mediante el uso de redes neuronales profundas y técnicas de representación vectorial, como FaceNet, VGG-Face y ArcFace, las cuales permiten transformar características faciales en representaciones matemáticas comparables dentro de espacios métricos especializados (Deng et al., 2019; Parkhi et al., 2015; Schroff et al., 2015). Sin embargo, el desempeño reportado por estos modelos en entornos controlados no garantiza necesariamente resultados equivalentes en escenarios educativos reales, donde intervienen múltiples variables técnicas y humanas. Por esta razón, la implementación de estas tecnologías requiere procesos de validación contextual que permitan evaluar su funcionamiento bajo condiciones reales de operación dentro de instituciones educativas.

Tabla 1. Principales desafíos para la verificación facial en línea.

Desafío	Implicación en el sistema	Respuesta considerada
Calidad de imagen	La baja iluminación, resolución insuficiente o mala posición del rostro reducen la precisión.	Preprocesamiento, detección, alineación, normalización y retroalimentación visual al usuario.
Variabilidad facial	El uso de lentes, vello facial, expresión, edad o cambios físicos puede modificar la comparación.	Extracción de rasgos robustos, actualización periódica del registro y revisión humana.
Privacidad y datos personales	Las imágenes faciales y vectores biométricos son información sensible.	Consentimiento informado, minimización de datos, cifrado y control de accesos.

Escalabilidad	Un examen con muchos aspirantes puede saturar el procesamiento si no se distribuyen recursos.	Servidor central, monitoreo, pruebas de carga y optimización del flujo de comunicación.
Suplantación	Fotografías, videos o técnicas de manipulación pueden intentar engañar al sistema.	Alertas, verificación de vivacidad, análisis de comportamiento y revisión por aplicadores.
Equidad tecnológica	No todos los aspirantes cuentan con el mismo tipo de teléfono o conectividad.	Diseño con requerimientos moderados y procedimientos alternativos para casos especiales.

Fuente: elaboración propia con base en el análisis del proyecto.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque de aplicación tecnológica orientado al diseño, construcción y validación inicial de un prototipo funcional. El proceso metodológico inició con el análisis de la problemática asociada a la suplantación de identidad en evaluaciones realizadas en entornos virtuales, para posteriormente definir un esquema operativo que permitiera registrar a los aspirantes, capturar imágenes durante la aplicación del examen y realizar procesos de verificación biométrica mediante el análisis facial comparativo con registros previamente almacenados.

La metodología implementada se enfocó en el desarrollo de un sistema capaz de integrar procesos de adquisición de imágenes, procesamiento facial y autenticación de identidad utilizando herramientas de visión por computadora y técnicas de aprendizaje automático. Para ello, se emplearon tecnologías basadas en Python, OpenCV y diversas librerías especializadas orientadas a la detección de rostros, extracción de atributos faciales y comparación biométrica.

Es importante señalar que la propuesta desarrollada no tuvo como finalidad constituirse de manera inmediata como una solución institucional definitiva para implementación masiva, sino establecer una plataforma funcional que permitiera demostrar la viabilidad de integrar tecnologías de visión artificial, dispositivos móviles, procesamiento centralizado y mecanismos de supervisión académica en un mismo entorno tecnológico. Bajo esta perspectiva, el prototipo representa una etapa inicial de desarrollo que posteriormente requeriría evaluaciones adicionales relacionadas con métricas de desempeño, análisis de precisión, identificación de posibles sesgos, protección de datos personales y definición de lineamientos institucionales para un uso ético y responsable.

La arquitectura del sistema fue diseñada bajo un esquema distribuido de funciones, diferenciando claramente las tareas de captura y procesamiento. El dispositivo móvil fue utilizado principalmente como medio para la adquisición y transmisión de imágenes, mientras que el servidor institucional centralizó las operaciones de mayor complejidad computacional, incluyendo la recepción de datos, detección facial, extracción de características biométricas, validación de coincidencias, almacenamiento de eventos y generación de alertas. Esta distribución permitió reducir la dependencia de las capacidades técnicas del dispositivo del usuario y trasladar la lógica principal de autenticación a un entorno administrado directamente por la institución educativa.

De manera complementaria, OpenCV fue utilizado como herramienta principal para las tareas de captura, preprocesamiento y detección facial, además de servir como apoyo para la interacción visual dentro del prototipo desarrollado. La detección de rostros se apoyó tanto en métodos tradicionales de visión artificial, como las cascadas de Haar, así como en enfoques más recientes basados en aprendizaje profundo, permitiendo mejorar la capacidad de identificación bajo diferentes condiciones de operación (Viola & Jones, 2001; Wang & Guo, 2021).

Tabla 2. Arquitectura funcional del prototipo.

Componente	Función principal	Aporte al sistema
Teléfono inteligente	Captura periódica del rostro del aspirante y envío de información visual.	Permite operar con hardware disponible y evita exigir cámaras especializadas.
Servidor central	Procesamiento de imágenes, comparación biométrica y control de estados de verificación.	Concentra el cómputo y facilita administración, monitoreo y auditoría.
Base de registros	Almacena la información del aspirante y su referencia biométrica.	Permite comparar la identidad capturada contra el registro institucional.
Módulo de reconocimiento	Detecta el rostro, extrae características y calcula similitud.	Determina coincidencias o inconsistencias con base en umbrales configurables.
Módulo de alertas	Notifica estados de no reconocimiento o baja similitud.	Activa revisión humana y evita decisiones exclusivamente algorítmicas.

Fuente: elaboración propia con base en la arquitectura del prototipo.

Finalmente, la metodología empleada para la realización de este proyecto fue la siguiente:

1. Captura y Preprocesamiento de Imágenes

El primer paso en cualquier sistema de reconocimiento facial es la captura de imágenes. OpenCV permite utilizar las cámaras de los teléfonos inteligentes para capturar fotografías de los aspirantes en tiempo real. La librería ofrece herramientas para:

Capturar imágenes en alta resolución: OpenCV puede interactuar con la cámara del dispositivo móvil y capturar imágenes de alta calidad en tiempo real.

Detección de rostros: A través de técnicas de detección de características faciales (como el Haar Cascade Classifier de OpenCV), la librería puede localizar y aislar el rostro de una persona en la imagen, lo que es esencial para asegurar que la imagen de la cara sea el foco principal para su análisis.

2. Detección y Alineación de Rostros

Una vez que el rostro es detectado, es crucial asegurarse de que las imágenes se alineen adecuadamente para una comparación precisa. OpenCV puede realizar tareas de:

Alineación de rostros: En muchos casos, la posición de la cabeza de la persona puede variar en la foto. OpenCV puede corregir esto ajustando la rotación o el ángulo del rostro para garantizar que sea capturado en una posición estándar, lo cual mejora la precisión de la comparación facial.

3. Extracción de Características Faciales

Las librerías como dlib y Face Recognition (ambas basadas en Python) se complementan perfectamente con OpenCV para extraer características faciales clave, como la forma de los ojos, nariz, y boca, que son únicas para cada persona. El proceso de extracción de características faciales consiste en:

Puntos de referencia faciales: Usando técnicas como el modelo de 68 puntos de referencia faciales de dlib, se puede mapear las características distintivas del rostro para su posterior comparación.

Extracción de huella facial: Con los datos de los puntos de referencia, las librerías pueden crear una "huella facial" numérica, que es una representación matemática única del rostro de una persona.

4. Comparación y Verificación

El núcleo de cualquier sistema de reconocimiento facial es la capacidad de comparar las imágenes capturadas con una base de datos de imágenes previamente registradas para verificar la identidad de la persona. Aquí, las librerías como face_recognition (que también utiliza OpenCV en su backend) son cruciales para:

Creación de un modelo facial único: Después de que una persona se registre (por ejemplo, subiendo una imagen de su rostro durante el proceso de inscripción), la librería convierte ese rostro en un vector numérico único.

Comparación de imágenes: Durante el examen, la imagen capturada en tiempo real se compara con el vector numérico previamente almacenado. Si el puntaje de similitud es suficientemente alto, se confirma que la persona es quien dice ser.

5. Procesamiento y Seguridad

Para garantizar la seguridad y protección de los datos personales, se pueden aplicar técnicas adicionales para:

Encriptación de datos: OpenCV en combinación con otras librerías de Python puede trabajar con herramientas de seguridad para cifrar las imágenes y los vectores faciales almacenados, asegurando que los datos sean protegidos.

Verificación en servidor: A través de una infraestructura de servidores en la nube, las imágenes y la información de los rostros pueden ser procesadas de manera centralizada, garantizando que solo se almacenen los vectores faciales y no las imágenes completas de las personas, lo que refuerza la privacidad.

6. Escalabilidad y Rendimiento

OpenCV es eficiente en el procesamiento de imágenes, lo que permite que el sistema sea escalable y funcione de manera rápida incluso con un gran número de usuarios. Además, el uso de procesamiento distribuido o servidores dedicados puede acelerar el análisis de las imágenes en tiempo real, lo que resulta crucial para garantizar que los exámenes se realicen sin demoras.

Registro del aspirante: El aspirante sube una foto durante la inscripción, que es procesada para extraer su huella facial (vector numérico).

Captura durante el examen: En el momento del examen, el sistema utiliza la cámara del teléfono móvil rastrear de forma periódica el rostro del aspirante.

Procesamiento y comparación: El sistema extrae la huella facial del rostro capturado y la compara con la huella facial registrada en la base de datos.

Verificación de identidad: Si las huellas faciales coinciden con un alto grado de similitud, el sistema autoriza la participación del aspirante en el examen hasta su finalización. En caso contrario, se activa un mecanismo de alerta para verificar la identidad de manera manual o con otro medio.

Esta metodología permitió realizar el sistema propuesto en este proyecto de desarrollo tecnológico.

Tabla 3. Etapas metodológicas del prototipo

Etapas	Descripción operativa	Producto esperado
Registro	Captura inicial del rostro del aspirante y vinculación con sus datos de inscripción.	Imagen de referencia, registro del aspirante y vector biométrico inicial.
Captura durante el examen	Obtención periódica de imágenes mediante el teléfono inteligente.	Flujo de capturas enviadas al servidor central.
Preprocesamiento	Detección, recorte, alineación y normalización del rostro.	Rostro estandarizado para comparación.
Comparación	Cálculo de similitud entre huella facial registrada y huella capturada.	Resultado de coincidencia, baja similitud o no coincidencia.
Alerta y seguimiento	Emisión de notificación ante no reconocimiento o inconsistencia.	Revisión manual por aplicadores y registro del evento.

Fuente: elaboración propia con base en la metodología del prototipo.

Resultados

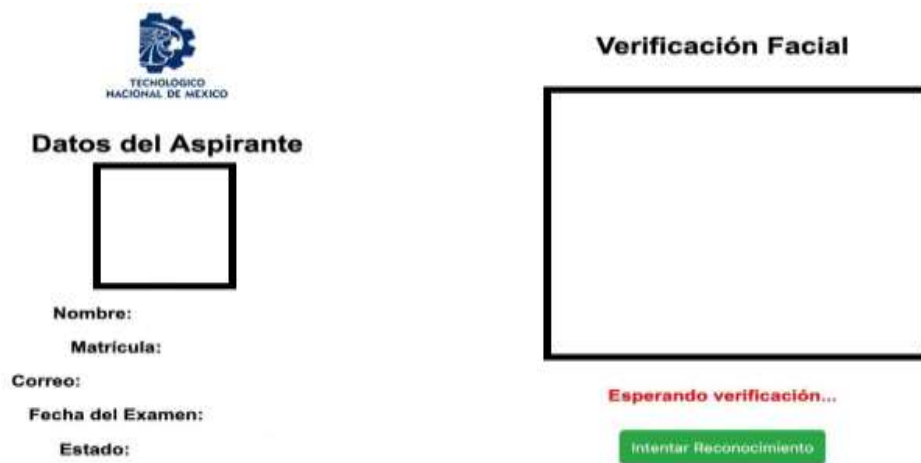
El principal resultado obtenido fue el desarrollo de un prototipo funcional integrado por dos componentes principales: una interfaz destinada al servidor institucional y otra diseñada para dispositivos móviles inteligentes. Ambas plataformas permitieron representar de manera operativa el proceso de validación de identidad, incluyendo el registro de información del aspirante, la captura de imágenes faciales, la verificación biométrica, la confirmación de coincidencias y la generación de alertas ante posibles inconsistencias en la autenticación.

La interfaz correspondiente al servidor central fue diseñada para concentrar las funciones de supervisión y monitoreo institucional, permitiendo visualizar la información del aspirante junto con el área destinada al análisis facial y al seguimiento de los procesos de validación. Este entorno facilitó la observación del estado general del sistema, la detección de incidencias y la atención de alertas por parte del personal autorizado, fortaleciendo así el control y la supervisión de las evaluaciones en línea.

Asimismo, la estructura implementada evidenció las ventajas de mantener el procesamiento crítico en un entorno centralizado, ya que permitió ejecutar las operaciones de mayor complejidad computacional dentro de una infraestructura administrada por la institución. Esta arquitectura favoreció una mayor estabilidad operativa, redujo la dependencia de las capacidades técnicas de los dispositivos móviles utilizados por los aspirantes y facilitó el control institucional sobre los procesos de autenticación y verificación biométrica.

Por consiguiente, se realizó mediante el uso de Python y librerías pyqt una interfaz que permite visualizar en un servidor central en tiempo continuo a los candidatos a ingreso al tecnológico Nacional de México durante la presentación de su examen de ingreso, en el cual se hace un monitoreo frecuente de su rostro, para determinar que este concuerda con el presentado en su identificación oficial (Figura 1).

Figura 1. Interfaz gráfica Sistema de Detección de Identidad.



Fuente: elaboración propia con base en el prototipo del proyecto

En paralelo se realizó la implementación de un software para su instalación en los dispositivos teléfonos inteligentes (smartphone), el cual el candidato a realizar el examen debe instalar en su dispositivo personal y apuntar hacia el mismo durante la presentación del examen, la interfaz del software generado se presenta en la figura 2.

Figura 2. Interfaz gráfica Sistema de Detección de Identidad instalado en un teléfono inteligente.



Fuente: elaboración propia con base en el prototipo del proyecto.

Una vez que el servidor identificó un nivel de coincidencia satisfactorio entre la imagen capturada en tiempo real y el registro biométrico previamente almacenado, el sistema emitió una notificación de autenticación exitosa. Este comportamiento permitió comprobar la viabilidad de implementar mecanismos de verificación continua durante el desarrollo de la evaluación, reduciendo la necesidad de supervisión manual constante por parte del personal responsable.

Los resultados obtenidos evidenciaron que el desempeño adecuado del sistema depende en gran medida de mantener condiciones favorables durante la captura de imágenes, particularmente en aspectos relacionados con iluminación, estabilidad de conexión, correcta orientación del rostro y calidad visual de la imagen. Bajo estas condiciones, el prototipo mostró capacidad para realizar procesos de validación biométrica de manera consistente dentro del entorno de evaluación en línea.

La aplicación desarrollada para el dispositivo smartphone tiene como funciones informar al participante del estado de su reconocimiento facial en línea y de enviar de forma constante la información de imagen al servidor central, el dispositivo de teléfono inteligente no realiza el proceso de reconocimiento de rostro, esto debido a como se planteó en la introducción, que existen diversos modelos con potencia diferente, por lo cual esta tarea se lleva a cabo en el servidor central y solo regresa la información al dispositivo.

En una primera instancia mediante el uso de protocolo de comunicación wifi, el teléfono inteligente envía la información al servidor central, mediante el uso de la librería OpenCV, se identifica la identidad de la persona comparando las características únicas de su rostro con una base de datos previamente conocida. Este proceso comienza con la detección del rostro en una imagen o video, utilizando algoritmos como Haar cascades o redes neuronales convolucionales (CNN) entrenadas para localizar caras. Luego, el rostro detectado se preprocesa (alineación, normalización del tamaño y color) para facilitar su análisis. A continuación, la librería extrae un vector de características del rostro —también

llamado "embedding"— mediante un modelo de aprendizaje profundo (como FaceNet o Dlib), que convierte la imagen facial en un conjunto de valores numéricos que representan rasgos únicos de esa persona. Para identificar la identidad, este vector se compara con los vectores almacenados en una base de datos (galería de rostros conocidos) usando una métrica de distancia, como la distancia euclidiana. Si la distancia entre vectores es suficientemente baja (es decir, se parecen mucho), se considera que el rostro pertenece a una persona registrada. Este enfoque es eficaz incluso con variaciones de expresión, iluminación o ángulo, gracias a la robustez de los modelos entrenados con grandes volúmenes de datos faciales.

En caso de realizar una detección positiva el sistema envía de forma constante un mensaje de Reconocimiento exitoso al dispositivo teléfono inteligente, lo cual le indica al participante que puede continuar con la realización del examen de ingreso (Figura 3).

Figura 3. Reconocimiento exitoso de la identidad del aspirante



Fuente: elaboración propia con base en el prototipo del proyecto.

En caso de que el programa no pueda identificar a la persona que realiza el examen como la persona que se registró para su realización envía una señal de alarma al servidor principal, lo que alerta a los aplicadores para que realicen una revisión in situ del candidato y determinar si continúa o no realizando el examen (Figura 4).

Este enfoque resultó especialmente importante, ya que evitó que la determinación final quedara completamente sujeta a la respuesta automática del algoritmo de reconocimiento facial. En lugar de ejecutar acciones inmediatas como la suspensión del examen o el bloqueo automático del aspirante, el sistema generó una alerta preventiva destinada a ser evaluada por personal autorizado, permitiendo así una revisión contextual de cada incidencia antes de emitir una decisión definitiva.

La incorporación de este mecanismo de supervisión humana contribuyó a fortalecer la confiabilidad y equidad del proceso de validación, reduciendo el riesgo de afectaciones derivadas de errores técnicos, variaciones en la captura de imágenes o condiciones externas que pudieran influir temporalmente en el desempeño del sistema biométrico.

Figura 4. Reconocimiento no exitoso y alerta para revisión de identidad.



Verificación Facial

Datos del Aspirante

Nombre: Rigoberto Reyes
Matricula: 123456789
Correo: rigoberto.reyes@gmail.com
Fecha del Examen: 10/03/2025
Estado: No Verificado **X**

Esperando verificación...

Intentar Reconocimiento

Fuente: elaboración propia con base en el prototipo del proyecto.

El sistema implementado permite de forma exitosa monitorear si un candidato a ingreso a estudios de educación superior, es quien realiza de forma continua de inicio a fin el examen de ingreso.

Tabla 4. Resultados funcionales observados en el prototipo

Resultado	Evidencia en el prototipo	Importancia para el proceso de evaluación
Monitoreo centralizado	Interfaz del servidor con datos del aspirante y área de verificación facial.	Permite supervisión institucional y atención de incidencias desde un punto de control.
Captura móvil	Aplicación o interfaz móvil con módulo de cámara y estado de verificación.	Aprovecha dispositivos disponibles y reduce costos de implementación.
Reconocimiento exitoso	Estado verificado cuando la captura coincide con el registro.	Confirma continuidad de identidad sin intervención manual constante.
Alerta de no coincidencia	Estado no verificado cuando la comparación no alcanza el umbral requerido.	Activa revisión humana y disminuye el riesgo de decisiones automáticas injustas.
Flujo integrado	Captura, envío, procesamiento, comparación y retroalimentación en un mismo proceso.	Demuestra factibilidad técnica para una futura prueba piloto institucional.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados del prototipo.

En términos generales, el prototipo desarrollado permitió supervisar que la persona que inició el proceso de evaluación correspondiera de manera continua con la identidad previamente validada durante el transcurso del examen. Aunque en esta etapa de desarrollo aún no se incorporaron métricas cuantitativas relacionadas con precisión del sistema, tiempos de procesamiento, tasas de falsos positivos o falsos rechazos, los resultados obtenidos permitieron demostrar la viabilidad técnica de integrar en un mismo entorno operativo la captura de imágenes mediante dispositivos móviles, el procesamiento centralizado de información, la comparación biométrica facial y la generación de alertas de autenticación.

En caso de que una alarma prevalente, en un plazo de un par de minutos, un responsable de aplicación de examen, se dirigirá al lugar del aplicante, y de comprobarse la suplantación de identidad, será invitado a retirarse del lugar el examen quedará anulado.

Estos resultados evidencian el potencial de la propuesta como base para futuros desarrollos orientados al fortalecimiento de mecanismos de validación de identidad en entornos de evaluación en línea, particularmente en instituciones educativas que requieren soluciones accesibles, escalables y compatibles con infraestructura tecnológica de uso común.

Discusión

Implementar un sistema de reconocimiento facial para procesos de evaluación de exámenes de ingreso a través de smartphones involucra una serie de desafíos técnicos, operativos y éticos que deben ser gestionados adecuadamente para promover su éxito. Es necesario combinar el desarrollo de tecnologías avanzadas con un enfoque integral que considere la privacidad, la seguridad, la accesibilidad y la equidad.

Los resultados obtenidos permiten considerar al reconocimiento facial como una herramienta tecnológica viable para fortalecer los procesos de evaluación en línea, particularmente cuando se implementa mediante una arquitectura que distribuye de manera diferenciada las funciones de captura y procesamiento. Uno de los principales aportes del prototipo radica en que el dispositivo móvil utilizado por el aspirante únicamente realiza tareas de adquisición y envío de imágenes, mientras que el análisis biométrico se ejecuta en un servidor institucional. Esta estrategia favorece la accesibilidad tecnológica, especialmente en contextos donde los usuarios cuentan con dispositivos móviles con características técnicas heterogéneas.

De igual forma, el prototipo evidenció que los procesos de validación de identidad no deben depender exclusivamente de la decisión automática de un algoritmo biométrico. El sistema desarrollado integró diferentes funciones complementarias, entre ellas la captura facial, la comparación con registros previos, la retroalimentación al usuario, la generación de alertas y la posibilidad de revisión por parte de personal autorizado. Esta integración permite una supervisión más adecuada del proceso de evaluación y facilita la atención de incidencias sin afectar de manera inmediata la continuidad del examen.

Otro aspecto relevante identificado durante el desarrollo del prototipo fue que las alertas de no coincidencia deben interpretarse como indicadores preventivos y no como evidencia definitiva de suplantación de identidad. Diversos factores técnicos, como iluminación inadecuada, baja resolución de imagen, movimiento, desenfoque o variaciones en la posición del rostro, pueden influir en el desempeño de los sistemas biométricos (Schlett et al., 2022; Thurzo et al., 2022). Por ello, incorporar mecanismos de supervisión humana y protocolos de revisión contribuye a garantizar condiciones de mayor equidad y confiabilidad en el proceso de validación.

Desde la perspectiva tecnológica, los avances recientes en aprendizaje profundo han permitido mejorar significativamente los sistemas de reconocimiento facial mediante modelos basados en representaciones vectoriales y aprendizaje métrico, como FaceNet, VGG-Face y ArcFace (Deng et al., 2019; Parkhi et al., 2015; Schroff et al., 2015). No obstante, la implementación institucional de estas tecnologías requiere procesos de validación específicos dentro del contexto educativo, debido a que variables como edad, iluminación, calidad de cámara, conectividad y características faciales pueden influir directamente en el desempeño del sistema.

Si bien la centralización del procesamiento representó una ventaja importante para el funcionamiento del prototipo, también implica nuevas exigencias para la infraestructura institucional. Un entorno de este tipo requiere capacidad adecuada de procesamiento, disponibilidad operativa, mecanismos de control de acceso, cifrado de información, registros de actividad y estrategias de respaldo de datos. Asimismo, una eventual implementación a gran escala demandaría pruebas adicionales relacionadas con carga de trabajo, estabilidad del sistema y manejo de fallas de conectividad durante las evaluaciones.

En este contexto, la dimensión ética y legal adquiere una relevancia fundamental, debido a que las imágenes faciales y los registros biométricos corresponden a información sensible. Por ello, el tratamiento de estos datos debe realizarse bajo principios de consentimiento informado, finalidad específica, minimización de datos, seguridad de la información y eliminación responsable de registros (Congreso de la Unión, 2010; European Parliament and Council, 2016). Además, resulta indispensable que los usuarios conozcan de manera clara qué información será utilizada, cuál será su finalidad y qué mecanismos existen para la protección de sus derechos.

La protección de la privacidad puede fortalecerse mediante estrategias orientadas al resguardo seguro de plantillas biométricas, el uso de vectores faciales en lugar de imágenes completas, el cifrado de información y la auditoría de accesos. Estas medidas son especialmente importantes debido a que, a diferencia de otros mecanismos de autenticación, los rasgos biométricos no pueden modificarse fácilmente en caso de una vulneración de seguridad (Laishram et al., 2025). Por esta razón, la seguridad informática debe incorporarse desde las primeras etapas del diseño del sistema.

Otro elemento importante corresponde a la equidad tecnológica. Un sistema orientado a procesos de admisión o evaluación debe considerar las diferencias existentes entre los usuarios en cuanto a calidad de dispositivos, conectividad y experiencia tecnológica. Ante estas condiciones, las instituciones educativas deben contemplar mecanismos alternativos de validación, asistencia técnica, repetición de capturas o espacios de apoyo institucional que permitan evitar barreras de acceso derivadas del uso de la tecnología.

En comparación con esquemas completamente automatizados de supervisión, la propuesta desarrollada mantiene un enfoque más equilibrado al incorporar mecanismos de apoyo a la toma de decisiones. Aunque la automatización permite identificar posibles incidencias, la valoración final requiere análisis humano y revisión contextual de cada situación. Este enfoque resulta particularmente pertinente en entornos educativos, donde una decisión incorrecta puede afectar directamente las oportunidades académicas de los aspirantes.

La principal limitación identificada en esta etapa del proyecto corresponde a la ausencia de métricas cuantitativas relacionadas con precisión, tasas de error, tiempos de respuesta y estabilidad operativa bajo diferentes condiciones de uso. Debido a ello, aún no es posible considerar el sistema como una solución lista para operación institucional masiva. Sin embargo, los resultados obtenidos sí permiten afirmar que el prototipo constituye una base funcional y técnicamente consistente para el desarrollo de pruebas piloto y futuras etapas de validación.

En términos generales, la investigación aporta evidencia preliminar sobre la viabilidad técnica de integrar reconocimiento facial en procesos de evaluación en línea. No obstante, una implementación institucional responsable requiere avanzar de manera gradual mediante procesos de evaluación del rendimiento del sistema, análisis de usabilidad, validación con usuarios reales y fortalecimiento de protocolos relacionados con privacidad, seguridad de la información, soporte técnico y supervisión humana.

Conclusiones

El prototipo se presenta en una etapa inicial donde solo se realiza la comprobación del individuo base (persona evaluada) con respecto a la imagen que se tiene del mismo en archivo, el sistema es capaz de identificar si existe o no coincidencia, en etapas posteriores se pretenden agregar metodologías de seguridad cibernética, así como realizar pruebas pilotos en ambientes controlados, lo que permitirá obtener métricas de desempeño que permitan en algún momento llevar este sistema a una aplicación real in situ.

El uso de librerías como OpenCV en sistemas Python, embebidos en un sistema Maestro de un servidor central que se encuentre monitoreando de forma frecuente una red de teléfonos inteligentes, junto con herramientas especializadas en reconocimiento facial ofrecen una solución poderosa y efectiva que busca ante un completo desarrollo, garantizar la autenticidad de los aspirantes en los exámenes de ingreso al Tecnológico Nacional de México. La integración de estas tecnologías tiene como meta que el proceso de verificación de identidad sea rápido, seguro y confiable, mejorando la integridad del sistema y evitando fraudes, esto se buscará lograr en el futuro al tener un sistema completo que haya contado con diferentes pruebas piloto, así como este adecuado a la normatividad ética en el uso de este tipo de tecnologías.

La arquitectura desarrollada demostró ser adecuada para entornos educativos al disminuir las exigencias de hardware para los aspirantes. En este esquema, el dispositivo móvil se utiliza principalmente para la captura y transmisión de imágenes, mientras que el procesamiento biométrico se realiza en un servidor institucional centralizado. Esta distribución favorece la accesibilidad y permite la operación del sistema en dispositivos con diferentes capacidades técnicas, aunque también requiere infraestructura institucional robusta y evaluaciones previas de rendimiento antes de una implementación a gran escala.

Los resultados funcionales permitieron identificar capacidades esenciales del prototipo, entre ellas el monitoreo centralizado, la captura móvil de imágenes, una validación inicial exitosa de identidad y la generación de alertas ante posibles inconsistencias biométricas. Estos elementos evidencian la viabilidad de establecer mecanismos de verificación continua durante evaluaciones en línea; sin embargo, los resultados obtenidos deben considerarse preliminares, ya que aún es necesario realizar pruebas formales relacionadas con precisión, estabilidad operativa y desempeño en condiciones reales de uso.

Asimismo, el análisis realizado permitió determinar que las alertas de no coincidencia no deben interpretarse automáticamente como evidencia de suplantación de identidad. Factores técnicos como iluminación inadecuada, calidad limitada de la cámara, variaciones en la posición del rostro o fallas de conectividad pueden afectar temporalmente el desempeño del sistema. Por ello, la intervención humana y la existencia de procedimientos alternativos resultan fundamentales para garantizar condiciones de equidad y evitar decisiones injustificadas.

Desde la perspectiva institucional, la implementación de este tipo de tecnologías requiere cumplir criterios técnicos, legales y éticos relacionados con el tratamiento de datos biométricos. Entre los aspectos más relevantes destacan el consentimiento informado, la protección y minimización de datos, el cifrado de la información, el control de accesos, la definición de periodos de conservación y la eliminación segura de registros biométricos. La adecuada atención de estos elementos resulta indispensable para fortalecer tanto la seguridad del proceso de evaluación como la confianza de los usuarios respecto al manejo de su información personal.

En conjunto, el proyecto aporta una base tecnológica y metodológica para fortalecer la integridad de los procesos de evaluación en educación superior mediante herramientas de visión artificial y reconocimiento facial. No obstante, su aplicación futura deberá realizarse de manera gradual, mediante pruebas piloto, validaciones cuantitativas, análisis de desempeño y lineamientos institucionales orientados a garantizar un uso ético, seguro e incluyente de la tecnología.

Futuras líneas de investigación

Como parte de las etapas futuras del proyecto, se recomienda realizar evaluaciones del sistema utilizando muestras más amplias y diversas de aspirantes, incorporando métricas de desempeño como precisión, sensibilidad, especificidad, tasas de error biométrico, tiempos de respuesta y estabilidad operativa. Estas pruebas deberán efectuarse bajo distintas condiciones de iluminación, conectividad, resolución de cámara y tipos de dispositivos móviles, con el propósito de validar el comportamiento del sistema en escenarios reales de aplicación.

Asimismo, se propone integrar mecanismos de detección de vivacidad que permitan fortalecer la seguridad del proceso frente a intentos de suplantación mediante fotografías, videos o herramientas de manipulación digital. Esta línea de trabajo puede complementarse con estudios orientados a la detección de deepfakes y ataques de presentación, así como con la incorporación de modelos ligeros optimizados para dispositivos móviles, buscando mejorar el desempeño sin incrementar significativamente los requerimientos de hardware (Zhang et al., 2023).

Otra área de investigación relevante consiste en el desarrollo de lineamientos institucionales relacionados con privacidad y protección de datos biométricos, considerando aspectos como consentimiento informado, control de acceso, cifrado, almacenamiento seguro, periodos de conservación y eliminación responsable de la información. De igual manera, será importante establecer mecanismos alternativos de validación para usuarios con limitaciones tecnológicas, garantizando condiciones de equidad e inclusión durante el proceso de admisión.

Finalmente, se recomienda realizar estudios de usabilidad y aceptación tecnológica dirigidos a aspirantes, personal académico y responsables administrativos, analizando variables relacionadas con confianza, facilidad de uso, claridad operativa y percepción de vigilancia. La sostenibilidad de una solución tecnológica de este tipo dependerá no solo de su funcionamiento técnico, sino también de que sea percibida como transparente, accesible y justa por los usuarios involucrados.

Referencias

- Schlett, T., Rathgeb, C., Henniger, O., Galbally, J., Fierrez, J., & Busch, C. (2022). Face image quality assessment: A literature survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(10s), 1-49. . <https://doi.org/10.1145/3507901>
- Ruan, D., Yan, Y., Lai, S., Chai, Z., Shen, C., & Wang, H. (2021). Feature decomposition and reconstruction learning for effective facial expression recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7660-7669).
- Laishram, L., Shaheryar, M., Lee, J. T., & Jung, S. K. (2025). Toward a privacy-preserving face recognition system: A survey of leakages and solutions. *ACM Computing Surveys*, 57(6), 1-38.
- Zhang, X., Xuan, C., Xue, J., Chen, B., & Ma, Y. (2023). LSR-YOLO: a high-precision, lightweight model for sheep face recognition on the mobile end. *Animals*, 13(11), 1824.
- Thurzo, A., Strunga, M., Havlínová, R., Reháková, K., Urban, R., Surovková, J., & Kurilová, V. (2022). Smartphone-based facial scanning as a viable tool for facially driven orthodontics?. *Sensors*, 22(20), 7752.
- Brock, A., De, S., Smith, S. L., & Simonyan, K. (2021, July). High-performance large-scale image recognition without normalization. In *International conference on machine learning* (pp. 1059-1071). PMLR.
- Wang, H., & Guo, L. (2021, October). Research on face recognition based on deep learning. In *2021 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacture (AIAM)* (pp. 540-546). IEEE.
- Smith, M., & Miller, S. (2022). The ethical application of biometric facial recognition technology. *Ai & Society*, 37(1), 167-175).
- Schlett, T., Rathgeb, C., Henniger, O., Galbally, J., Fierrez, J., & Busch, C. (2022). Face image quality assessment: A literature survey. *ACM Computing Surveys*, 54(10s), 1-49. <https://doi.org/10.1145/3507901>
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Vol. 1)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2001.990517>
- Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 815-823). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2015.7298682>
- European Parliament and Council. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

Salud mental docente durante el teletrabajo de emergencia: evidencia empírica en el Instituto Tecnológico de Hermosillo (2021–2022)

Teacher's Mental health during emergency telework: empirical evidence at the Instituto Tecnológico de Hermosillo (2021–2022)

Enrique Javier de la Vega Bustillo

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México

enrique.delavegab@hermosillo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0761-6858>

Karla Patricia Lucero Duarte

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México

karla.lucero@hermosillo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0007-1336-1007>

Francisco Alberto Martínez Villa

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México

francisco.martinezv@hermosillo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-5809-4836>

Rafael García Martínez

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Tecnológico Nacional de México

rafael.garciam@hermosillo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7175-5361>

Disciplina: Ingeniería Industrial / Ergonomía Ocupacional

Resumen

La salud mental del profesorado se puso en riesgo durante la pandemia por COVID-19 al imponer el teletrabajo de emergencia en las instituciones de educación superior mexicanas. Analizar la salud mental general de 157 docentes del Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH-TecNM) y su asociación con condiciones psicosociales del teletrabajo durante el periodo 2021–2022. Se utilizó el instrumento de medición cuestionario general de salud de 12 elementos (GHQ-12; $\alpha = .84$) para medir la salud mental de los docentes considerados en la muestra, con un diseño no experimental, cuantitativo, con dos cortes independientes con los mismos participantes en dos períodos (abril–junio 2021 y septiembre 2021–marzo 2022). El análisis estadístico de los datos se realizó con el software SPSS 25. El porcentaje de los participantes en este estudio que superó el umbral de probable malestar psicológico (≥ 12 en escala Likert) fue del 72 %. Los factores predictores incluidos en el modelo final de regresión fueron la energía y recuperación laboral, el control sobre el trabajo y la extensión de la jornada, los cuales explican el 21.8 % de la variabilidad existente en el modelo.

Las condiciones organizacionales se asocian con el malestar psicológico de los docentes, por lo que se hace necesario que la administración de las instituciones de educación superior realice las gestiones

pertinentes para regular la autonomía docente, la recuperación laboral y la desconexión digital de tal forma que se reduzca la exposición a riesgos psicosociales para los docentes.

Palabras clave: bienestar laboral docente, COVID-19, ergonomía ocupacional, malestar psicológico, GHQ-12.

Abstract

Teacher mental health is a structural condition of pedagogical practice that was jeopardized by the COVID-19 pandemic through the imposition of emergency remote work in Mexican higher education institutions. To analyze the general mental health of 157 faculty members at the Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH-TecNM) and its association with psychosocial conditions related to remote work during the 2021–2022 period. The 12-item General Health Questionnaire (GHQ-12; $\alpha = .84$) was used to measure the teacher's mental health. A non-experimental, quantitative, cross-sectional design covering two periods (April–June 2021 and September 2021–March 2022) was employed. Statistical analysis was performed using the open-source software SPSS 25. 72% of the study participants exceeded the threshold for probable psychological distress (≥ 12 on the Likert scale). Significant factors included energy and work recovery, control over work, and the length of the workday; these factors explained 21.8% of the variance. Organizational conditions were associated with faculty psychological distress; therefore, higher education administrators must take appropriate measures to regulate faculty autonomy, work recovery, and digital disconnection to ensure optimal working conditions for teachers.

Keywords: teacher well-being, COVID-19, occupational ergonomics, psychological distress, GHQ-12.

Introducción

La salud mental de los docentes se ve afectada por el teletrabajo (Heiden et al., 2020). La pandemia por COVID-19 generó una disrupción en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de tal forma que todas las instituciones de educación se vieron forzadas a migrar de actividades presenciales a actividades a distancia sin contar, en la mayoría de los casos, con el entrenamiento necesario ni la infraestructura técnica y tecnológica requerida. Lo anterior representa una reestructuración forzada de sus actividades dado que el espacio familiar, laboral/docente y de descanso/ esparcimiento coexistieron en las mismas paredes durante cerca de dos años (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2020; Eurofound, 2020). Surge la necesidad de capacitación técnica para los docentes que permita administrar sus clases bajo una modalidad emergente, mientras los recursos institucionales de apoyo resultaron insuficientes o desiguales frente a la magnitud de la transición (Antunes et al., 2023).

La necesidad de los docentes por adaptarse a este nuevo esquema de impartición de clases genera agotamiento físico y afecta su salud mental, con ello la calidad de su actividad docente, dado que síntomas como dificultad para concentrarse y tomar de decisiones, pérdida de confianza o sensación de ineficacia pueden comprometer las capacidades para interactuar con los estudiantes (Heiden et al., 2020). Por ello investigar la salud mental del docente es importante desde dos dimensiones: la primera, relacionada con el bienestar emocional y la segunda relacionada con la calidad de su actividad profesional.

La revisión sistemática realizada por Santiago et al. (2023) de 42 artículos publicados entre 2019 y 2022 documentaron la magnitud de la afectación que ejerció el teletrabajo sobre la salud mental del docente durante la pandemia y estableció que los docentes de mayor edad, con problemas mentales previos a la pandemia y las personas de sexo femenino fueron las más afectadas presentando trastornos de ansiedad, depresión y síndrome de burnout. En México durante la pandemia generada por el COVID-19 y como consecuencia del teletrabajo, el agotamiento profesional fue documentado por Villavicencio-Ayub et al. (2021), mientras que Godínez-Tovar et al. (2023) encontraron altos niveles de carga mental. La afectación en la salud mental de los docentes chilenos que teletrabajaron durante 2020 fue estudiada por Palma-Vásquez et al. (2021). El análisis de este tipo de afectaciones en los docentes de las instituciones de educación superior tecnológica en México es limitado.

En este trabajo se presenta un análisis estadístico descriptivo-correlacional de los resultados que se obtuvieron durante el periodo 2021-2022, de la medición de naturaleza cuantitativa y transversal de la salud mental general de 157 docentes del Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH) con el Cuestionario General de Salud de 12 ítems (GHQ-12; Goldberg, 1972; Goldberg & Williams, 1988). El texto se organiza en cinco apartados: marco conceptual, metodología, resultados, discusión y conclusiones, seguidos de las futuras líneas de investigación y las declaraciones institucionales requeridas.

Marco conceptual

Teletrabajo docente durante la emergencia sanitaria

El teletrabajo puede ser considerado como una actividad no homogénea en el sentido de que intervienen varios factores como son el grado de voluntariedad personal, la disponibilidad del equipo adecuado y el soporte de la institución (OIT, 2020). Puede decirse que el teletrabajo durante la pandemia fue implementado de manera obligatoria, imprevista y sin un proceso previo de adaptación. De acuerdo con Eurofound (2020) en abril de 2020, se informó que el 37% de los empleados en Europa comenzaron a trabajar desde casa en la pandemia y se reportó que el 27% además trabajaba durante su tiempo libre. En una revisión sistemática de 64 artículos se identifica que durante esta etapa de teletrabajo de emergencia se presentaron aspectos psicosociales particulares distintos de los desarrollados en un teletrabajo voluntario debido a la extensión de la jornada laboral, el aislamiento y las nuevas funciones desempeñadas (Antunes et al., 2023). Si bien los estudios se refieren al contexto de Europa, se presentó también como tendencia en Latinoamérica (Mendonça et al., 2022).

Salud ocupacional como funcionamiento psicológico reciente

Para evaluar la salud ocupacional es necesario identificar los cambios recientes en las funciones habituales de la persona tales como, dificultades de concentración, alteraciones del sueño, tensión, pérdida de confianza, menor capacidad para afrontar situaciones problemáticas. El Cuestionario General de Salud fue diseñado con el propósito de detectar los cambios y la probable presencia de malestar emocional o alteraciones psiquiátricas no psicóticas en la población general (Goldberg, 1972; Goldberg & Williams, 1988). Este cuestionario debe considerarse como un indicador de tamizaje y no como un diagnóstico clínico. En el trabajo docente estos indicadores pueden afectar las capacidades necesarias para la práctica pedagógica como son atención sostenida, toma de decisiones, regulación emocional, interacción con los estudiantes.

El GHQ-12 como instrumento de tamizaje

El Cuestionario General de Salud (GHQ-12) es un instrumento desarrollado a partir de otro más amplio diseñado por Goldberg (1972) y sistematizado por Goldberg y Williams (1988). Este instrumento solicita a la persona evaluada comparar su estado anímico habitual de las últimas semanas con su situación actual mediante doce preguntas sobre concentración, sueño, utilidad percibida, toma de decisiones, tensión, afrontamiento, disfrute cotidiano, estado de ánimo y confianza personal. Este instrumento ha sido considerado en múltiples estudios: Araya et al. (1992) quienes evaluaron el desempeño en usuarios de atención primaria en Chile; Hardy et al. (1999) lo validaron en personal de los servicios de salud de Inglaterra; Solís-Cámara et al. (2016) examinaron su estructura factorial en población adulta general mexicana; y Ruiz et al. (2017) reportaron su validez en Colombia y equivalencia factorial entre muestras clínicas y no clínicas, incluyendo el umbral ≥ 12 en escala Likert como criterio de clasificación operativo. El instrumento permite distintos sistemas de evaluación, por lo que la calificación influye en la puntuación y estructura factorial (Urzúa et al., 2015).

Condiciones psicosociales: el modelo Demandas-Control-Apoyo

El modelo Demandas-Control formulado por Karasek (1979) sostiene que la tensión psicológica laboral esta influida por las cargas del trabajo y por el grado de control que la persona tiene sobre él, presentándose las situaciones de mayor riesgo cuando las demandas son altas y el control bajo. En 1988, se integró la tercera variable: el apoyo social como factor protector (Johnson & Hall, 1988). Las variables psicosociales evaluadas en este estudio tienen correspondencia parcial con este modelo: la demanda cognitiva con las exigencias psicológicas; el control sobre el trabajo con la latitud de decisión; la relación y la autoridad con el apoyo social. Estos aspectos se ven también contemplados dentro de la norma NOM-035-STPS-2018 (STPS, 2018).

Recuperación laboral y desconexión psicológica

Uno de los principales factores teóricos relevantes de probable malestar psicológico es el factor de recuperación del trabajo. El modelo de Esfuerzo-Recuperación (Meijman & Mulder, 1998) sostiene que el estrés y la fatiga laboral son consecuencias normales del esfuerzo realizado en el trabajo, pero solo se convierten en un riesgo grave para la salud si el trabajador no tiene el tiempo o las condiciones necesarias para recuperarse. Sonnentag y Fritz (2007) demostraron que para recuperarse no basta con la ausencia física del trabajo, sino que se requiere una desconexión mental activa. Aronsson et al. (2003) consideraron que los docentes tienen mayores dificultades para desconectarse del trabajo en comparación con otras ocupaciones. La NOM-037-STPS-2023 reconoce el derecho a la desconexión como elemento fundamental del teletrabajo (STPS, 2023).

Equilibrio trabajo-familia

Greenhaus y Beutell (1985) establecieron que el conflicto trabajo-familia (CTF) ocurre cuando las presiones de los roles laboral y familiar son mutuamente incompatibles en algún grado; es decir, la participación en un rol dificulta el desempeño en el otro. Definieron el conflicto trabajo-familia como un conflicto entre roles, bidireccional, el cual puede expresarse como interferencia del trabajo con la familia o viceversa. Fue precisamente durante la pandemia cuando el traslado del trabajo docente al hogar redujo la separación espacial y temporal entre ambos dominios, con efectos documentados en múltiples contextos (Beckel & Kunz, 2023). En este estudio se mide una percepción global del equilibrio entre roles mediante cuatro ítems adaptados de Heiden et al. (2020). Esta condición se analiza como variable psicosocial potencialmente asociada al probable malestar psicológico, sin asumir una relación causal ni anticipar la magnitud de su efecto.

Metodología

Declaración de IA Generativa

En el presente trabajo se reconoce el uso de la inteligencia artificial generativa, específicamente el uso de Claude, de Anthropic. La IA fue utilizada para revisión de la redacción, de la corrección gramatical y de la ortografía.

Responsabilidad

Como autores de este documento asumimos la responsabilidad total de la exactitud y validez de los datos que se presentan, garantizando que toda información fue verificada por fuentes primarias. En la recolección de los datos se utilizó Google Forms. El análisis estadístico se realizó usando software IBM SPSS 25. Los análisis se realizaron bajo criterios de objetividad y neutralidad.

Diseño y contexto

Este estudio se aborda desde un enfoque cuantitativo, no experimental, de alcance descriptivo-correlacional. Los datos fueron recolectados en dos periodos: del 6 de abril al 27 de junio de 2021, y del 9 de septiembre de 2021 al 1 de marzo de 2022. La interrupción de la recolección coincidió con el período vacacional del instituto. En el primer período, el cual fue concurrente con el teletrabajo, se recolectaron 51 encuestas ($n = 51$) y el segundo período 106 ($n = 106$) corresponde a la transición pospandémica correspondientes a personas distintas. Las encuestas conservan el referente temporal original del instrumento. En los análisis no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras/períodos ($t(155) = 0.204$, $p = .838$, $d = 0.035$). La unidad de análisis está constituida por los docentes del Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH-TecNM).

Participantes

Se envió vía correo electrónico institucional una invitación a la totalidad del cuerpo docente del ITH (250 profesores) la cual incluía un enlace al formulario de Google Forms, para participar de manera voluntaria y anónima. Se incluyeron los docentes que estaban activos realizando funciones académicas en modalidad remota durante la pandemia, se obtuvieron 157 respuestas completas equivalentes a una proporción del 62.8%.

Instrumento: el GHQ-12

Para medir la salud mental general se utilizó el GHQ-12 (Goldberg, 1972; Goldberg & Williams, 1988), el cual contiene reactivos que se valoran en escala Likert con cuatro opciones comparativas (0 = mejor que lo habitual; 3 = mucho peor que lo habitual). Los ítems presentados en sentido positivo fueron recodificados a fin de que la mayor puntuación indicará mayor probabilidad de malestar psicológico. La puntuación oscila entre 0 y 36. En la muestra obtenida la consistencia interna fue adecuada ($\alpha = .84$) con una forma aproximadamente normal en su distribución (asimetría = -0.24 , curtosis = 0.06).

Variables predictoras

Se incluyeron seis escalas predictoras psicosociales adaptadas con el modelo Demandas-Control-Apoyo y la NOM-035-STPS-2018, las cuales ya han sido validadas. La Tabla 1 presenta sus características psicométricas.

Tabla 1. Características psicométricas de las escalas predictoras (N = 157)

Variable	Ítems	Escala	M (desv est)	Sentido	α
Demanda cognitiva	4	0–4	2.74 (0.66)	Mayor = mayor demanda	.73
Extensión de jornada	6	0–4	2.08 (0.92)	Mayor = mayor extensión	.87
Control sobre el trabajo	6	0–4	1.36 (0.78)	Mayor = más problemas	.86
Relación con autoridad	5	0–4	0.79 (0.88)	Mayor = más problemas	.96
Equilibrio trabajo-familia	4	1–4	2.88 (0.52)	Mayor = mejor equilibrio	.79
Energía/recuperación	7	0–4	2.97 (0.66)	Mayor = mayor recuperación	.84

Nota. α = alfa de Cronbach. M = media de la puntuación promedio por ítem. Valores calculados para la muestra del presente estudio. *Fuente.* *Elaboración propia (2026).*

Análisis estadístico

El análisis de los factores que influyen en la salud mental general de los docentes del Instituto Tecnológico de Hermosillo y su asociación con condiciones psicosociales del teletrabajo durante el periodo 2021–2022 se llevó a cabo en cuatro etapas: (1) estadísticos descriptivos y confiabilidad; (2) distribución del GHQ-12, análisis de robustez ante umbrales alternativos y estimación de la proporción con probable malestar psicológico; (3) para cada variable considerada en esta investigación se realizaron comparaciones por subgrupos mediante prueba t de Student —con d de Cohen e IC 95%— y correlaciones de Pearson con IC 95% (4) regresión lineal por pasos (método stepwise) con las seis condiciones psicosociales como factores predictores, con el objetivo seleccionar las variables más relevantes del modelo. La regresión se estimó con 142 casos válidos (Mediante la utilización de la distancia de Mahalanobis con un nivel de confianza del 95%, se identificaron 15 datos atípicos los cuales eliminados del análisis).

Resultados

Características de la muestra

La muestra quedó integrada por 157 docentes del ITH. La Tabla 2 presenta su perfil sociodemográfico y laboral completo.

Tabla 2. Características sociodemográficas y laborales de la muestra (N = 157)

Variable / Categoría	n	%
Sexo		
Hombre	95	60.5
Mujer	62	39.5
Grupo de edad		
20–29 años	7	4.5
30–39 años	32	20.4
40–49 años	37	23.6
50–59 años	55	35.0
60 años o más	26	16.6
Estado civil		
Casado/a	86	54.8
Soltero/a	43	27.4
Divorciado/a	13	8.3
Unión libre	8	5.1
Viudo/a	7	4.5
Tipo de nombramiento		
Base	90	57.3
Honorarios	55	35.0
Mixto	12	7.6
Escolaridad máxima		
Licenciatura	41	26.1
Maestría	92	58.6
Doctorado	24	15.3
Antigüedad en el ITH		
Menos de 5 años	31	19.7
5–15 años	64	40.8
15–30 años	43	27.4
30 años o más	19	12.1

Nota. Los porcentajes pueden no sumar exactamente 100 por efecto del redondeo. *Fuente.* *Elaboración propia (2026).*

El perfil resultante es el de una plantilla mayoritariamente masculina (60.5%), con predominio del grupo de edad 50–59 años (35.0%) y más de la mitad con nombramiento de base (57.3%). El 60% de los docentes cuenta con grado de maestría como máximo grado y el 40% tienen entre 5 y 15 años de antigüedad institucional.

GHQ-12: distribución y proporción con probable malestar psicológico

La puntuación media del GHQ-12 fue $M = 15.01$ ($DE = 6.38$, Mediana = 16.0, IC 95%: [14.00, 16.01]), con valores entre 0 y 32 sobre un rango teórico de 0 a 36. Con el criterio operativo ≥ 12 en escala Likert (Ruiz et al., 2017), 113 participantes —el 72.0% de la muestra— fueron clasificados con probable malestar psicológico. La Tabla 3 confirma que esta proporción se mantiene elevada con cualquier criterio alternativo (65.0% a 73.9%), lo que refuerza el hallazgo.

Tabla 3. Robustez de la clasificación ante diferentes puntos de corte

Sistema de puntuación	Punto de corte	n	%
Likert 0 - 1 - 2 - 3 (rango 0 - 36)	≥ 12 (empleado)	113	72.0
Likert 0 - 1 - 2 - 3 (rango 0 - 36)	≥ 13	109	69.4
Likert 0 - 1 - 2 - 3 (rango 0 - 36)	≥ 14	102	65.0
Bimodal 0 - 0 - 1 - 1 (rango 0 - 12)	≥ 3	116	73.9
Bimodal 0 - 0 - 1 - 1 (rango 0 - 12)	≥ 4	105	66.9

Nota. Sistema bimodal calculado sobre los ítems originales del GHQ-12. La proporción observada es consistente independientemente del criterio utilizado. *Fuente.* Elaboración propia (2026).

La proporción observada supera notablemente los valores documentados en estudios ocupacionales realizados en condiciones no pandémicas. Harvey et al. (2017) reportan una prevalencia ponderada de 29.6% (IC 95%: [27.3, 31.9]) en muestras trabajadoras. La comparación debe realizarse con cautela como señal de alerta institucional, no como diagnóstico clínico.

Diferencias por subgrupos sociolaborales

Los docentes varones obtuvieron puntuaciones medias estadísticamente más altas que las mujeres (M hombres = 15.98, $DE = 6.55$; M mujeres = 13.52, $DE = 5.83$; $t(155) = 2.402$, $p = .017$; d de Cohen = 0.39, IC 95% diferencia: [0.44, 4.49]). El resultado difiere del patrón reportado con mayor frecuencia en la literatura (Santiago et al., 2023; Orrego, 2023) y debe interpretarse como hallazgo exploratorio que requiere análisis con variables de confusión antes de formularse como explicación. El tipo de nombramiento no mostró diferencia estadística significativa ($F(2, 154) = 1.108$, $p = .333$); el tamaño reducido del grupo mixto ($n = 12$) limita la potencia para detectar diferencias en ese subgrupo.

Condiciones psicosociales y modelo de regresión

Las correlaciones de Pearson con IC 95% mostraron: extensión de jornada ($r = .337$, IC 95% [.191, .469], $p < .001$); control sobre el trabajo ($r = .313$, IC 95% [.164, .448], $p < .001$); relación con la autoridad ($r = .192$, IC 95% [.029, .346], $p = .021$); equilibrio trabajo-familia ($r = -.250$, IC 95% [-.392, -.097], $p = .002$); energía y recuperación ($r = -.338$, IC 95% [-.470, -.191], $p < .001$); demanda cognitiva ($r = .030$, IC 95% [-.127, .186], $p = .710$, no significativa).

La regresión por pasos generó tres modelos sucesivos. El primero incorporó la escala de energía y recuperación laboral ($R^2 = .120$); el segundo sumó el control sobre el trabajo ($R^2 = .195$); el tercer y

último modelo incorporó la extensión de jornada, alcanzando $R = .467$, $R^2 = .218$ ($R^2_{ajustado} = .201$). El modelo fue estadísticamente significativo, $F(3, 138) = 12.859$, $p < .001$. Los coeficientes del modelo final fueron: energía y recuperación ($B = -2.746$, $EE = 0.958$, $\beta = -.242$, $t = -2.866$, $p = .005$, IC 95% $[-4.640, -0.852]$); control sobre el trabajo ($B = 1.975$, $EE = 0.645$, $\beta = .238$, $t = 3.065$, $p = .003$, IC 95% $[0.701, 3.250]$); extensión de jornada ($B = 1.261$, $EE = 0.617$, $\beta = .177$, $t = 2.045$, IC 95%, $p = .043$). Los tres factores predictores mostraron contribuciones estandarizadas de magnitud similar ($|\beta|$ entre .177 y .242). Dado el carácter exploratorio del procedimiento por pasos, los resultados deben contrastarse mediante modelos confirmatorios en estudios futuros. La verificación de supuestos indicó normalidad de residuos (Kolmogorov-Smirnov = .055, $gl = 142$, $p \geq .200$; Shapiro-Wilk = .981 con un valor de significancia igual a 0.05), ausencia de patrones sistemáticos de heterocedasticidad.

Discusión

La elevada proporción de probable malestar psicológico

De acuerdo con los resultados, la proporción de docentes con probable malestar psicológico —entre el 65% y el 74%, según el umbral— es alta, independientemente del criterio utilizado. Es precisamente este aspecto el que refuerza la solidez de los resultados del estudio. El periodo de abril - junio 2021 fortalece la validez de este resultado ya que, durante este periodo de recolección de los datos coincidió con el periodo de teletrabajo de emergencia activo, lo que significa que, para los docentes, el GHQ-12 se respondió mientras se encontraba vigente el teletrabajo de emergencia. Adicionalmente, al comparar los periodos de recolección, se pudo confirmar que las puntuaciones del GHQ-12 no presentaron diferencias estadísticas significativas ($t(155) = 0.204$, $p = .838$, $d = 0.035$), lo que sugiere que el probable malestar psicológico continuó elevado durante la fase de transición. La proporción observada es mayor que la documentada en otros estudios en condiciones normales (no pandémicas) (Harvey et al., 2017). La comparación debe interpretarse como señal de alerta institucional, no como diagnóstico clínico ni como estimación epidemiológica generalizable.

El hallazgo por sexo: un resultado exploratorio

En estudios previos se documenta que las mujeres reportan mayor malestar psicológico que los hombres en condiciones laborales (Santiago et al., 2023; Orrego, 2023). En el presente estudio se observó una diferencia significativa, pero en dirección opuesta ($p = .017$; $d = 0.39$). Solo puede formularse una hipótesis exploratoria: que las diferencias observadas estén confundidas con otras variables no controladas, como edad, antigüedad, carga horaria o responsabilidades de cuidado. Será necesario hacer otro análisis multivariado antes de presentarla como explicación preferente, por lo que solo se reporta como hallazgo que requiere un futuro análisis específico.

Los factores predictores del probable malestar: convergencia con el modelo teórico

La demanda cognitiva no mostró una asociación estadística significativa con el malestar psicológico (ni en análisis bivariado ni en regresión). Sin embargo, tres factores predictores clave: la menor energía y recuperación laboral ($\beta = -.242$), los problemas de control sobre el trabajo ($\beta = .238$) y la extensión de jornada ($\beta = .177$) sí mostraron asociación independiente. Los hallazgos son congruentes con el modelo Demandas-Control (Karasek, 1979): cuando las demandas son elevadas (expresadas en prolongación del tiempo) y el control de la organización del trabajo es reducido, aumenta la tensión psicológica. El tercer predictor se enmarca en el modelo Esfuerzo-Recuperación (Meijman & Mulder, 1998; Sonnentag & Fritz, 2007) muestra que cuando la jornada es extendida y sin límites claros impide la recuperación, la carga se acumula y se expresa en probable malestar. La

combinación que genera mayor tensión psicológica en el teletrabajo docente es, entonces, el exceso de horas, la falta de control y la dificultad para recuperarse. El equilibrio trabajo-familia mostró asociación significativa en el análisis bivariado ($r = -.250$, $p = .002$), pero no ingresó al modelo stepwise. Esta exclusión se debe a la varianza compartida con el control sobre el trabajo y la recuperación. El diseño transversal no permite establecer la dirección de esa varianza compartida, por lo que la variable queda como candidata relevante para estudios futuros con diseños confirmatorios.

Limitaciones

Este estudio tiene cinco limitaciones relevantes. Primera, el diseño transversal no permite establecer relaciones causales: las asociaciones identificadas son correlacionales. Segunda, la recolección en dos periodos introduce heterogeneidad temporal en el segundo periodo (septiembre 2021–marzo 2022), aunque el análisis confirmó equivalencia estadística entre periodos ($p = .838$). Tercera, el uso exclusivo de autorreporte introduce varianza común del método. Cuarta, no se dispone de información sobre el estado de salud mental de los docentes antes del teletrabajo. Quinta, la muestra es no probabilística y autoseleccionada en una sola institución, lo que limita la generalización a otros campus del TecNM.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, una proporción alta de los 157 docentes obtuvo una puntuación superior a los límites operativos empleados en el GHQ-12. Estos resultados deben interpretarse como indicadores de tamizaje de probable malestar psicológico y no como diagnóstico clínico ni como estimación epidemiológica generalizable.

El probable malestar se asoció con tres condiciones organizacionales del teletrabajo, las cuales son: menor energía y recuperación laboral, percepción de problemas en el control sobre el trabajo y extensión de la jornada. El malestar observado no debería interpretarse exclusivamente desde una perspectiva individual. Sugiere que la organización del tiempo, la autonomía percibida y las oportunidades de recuperación son dimensiones relevantes para comprender el bienestar psicológico del docente durante el teletrabajo de emergencia.

Los hallazgos apuntan hacia un enfoque integral en el que es necesario complementar las intervenciones individuales de bienestar con medidas organizacionales estratégicas, mediante acciones concretas en las que la organización debe limitar la disponibilidad digital, fomentar la autonomía en el trabajo y proteger los periodos de descanso. La medición del bienestar docente debe dejar de ser una respuesta reactiva ante emergencias y convertirse en una práctica permanente y sistemática.

Futuras líneas de investigación

La disponibilidad de marca temporal de cada respuesta en la base de datos permite realizar una comparación sistemática entre la fase de teletrabajo de emergencia (2021) y la fase de transición híbrida 2021-2022 para analizar con mayor profundidad las señales de recuperación parcial observadas a nivel de ítem. Un análisis exploratorio indica que las puntuaciones totales del GHQ-12 no difieren significativamente entre periodos ($d = 0.035$). Estudios longitudinales con diseños confirmatorios podrían determinar si las asociaciones detectadas entre condiciones psicosociales y

bienestar se mantienen en modalidades presenciales e híbridas posteriores a la emergencia sanitaria. La extensión de la muestra de la investigación a otros campus del TecNM permitiría fortalecer la potencia estadística y el análisis detallado de moderadores sociodemográficos como sexo, antigüedad y responsabilidades de cuidado. La adopción de modelos de ecuaciones estructurales permitiría examinar con mayor precisión las relaciones de mediación entre las condiciones psicosociales, la recuperación y la salud mental. Por último, se recomienda replicar el protocolo utilizando escalas psicosociales específicamente validadas para la población docente de educación tecnológica pública en México, con el fin de garantizar la validez de constructo que el presente estudio no pudo establecer.

Disponibilidad de datos

Datos del estudio:

Los datos pueden ser proporcionados por el autor de correspondencia tras una solicitud razonable.

Protocolo - Código - Cuestionario:

El protocolo de investigación y la sintaxis de análisis estadístico en SPSS 25 están disponibles bajo solicitud al autor de correspondencia. El cuestionario fue aplicado a través de Google Forms y puede consultarse en el repositorio institucional del proyecto CI-01-2026-P1 (ITH-TecNM).

Fuente de financiamiento

Este trabajo no recibió financiamiento externo y se encuentra bajo el proyecto de investigación interna del ITH con clave CI-01-2026-P1.

Conflicto de interés

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

Aprobación ética

La participación de los docentes fue voluntaria y anónima. Los datos se recolectaron con garantía de confidencialidad. El estudio se enmarca en el proyecto institucional CI-01-2026-P1, aprobado en el marco de la Convocatoria interna de Investigación del ITH. No se solicitó información sensible de carácter clínico o personal, las opiniones vertidas por los participantes están protegidas por la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (LFPDPPP).

Agradecimientos

Los autores agradecen a los docentes del Instituto Tecnológico de Hermosillo su disposición a participar en este estudio durante una etapa de alta demanda y complejidad para el ejercicio profesional. Este trabajo forma parte del proyecto de investigación CI-01-2026-P1 adscrito a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento LGAC-2025-HERM-MADM-07 (Ergonomía Ocupacional) de la Maestría en Ingeniería Industrial del ITH-TecNM.

Referencias

- Antunes, E. D., Bridi, L. R. T., Santos, M., & Fischer, F. M. (2023). Part-time or full-time teleworking? A systematic review of the psychosocial risk factors of telework from home. *Frontiers in Psychology*, 14, 1065593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1065593>
- Araya, R., Wynn, R., & Lewis, G. (1992). Comparison of two self administered psychiatric questionnaires (GHQ-12 and SRQ-20) in primary care in Chile. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 27(4), 168–173. <https://doi.org/10.1007/BF00789001>
- Aronsson, G., Svensson, L., & Gustafsson, K. (2003). Unwinding, recuperation, and health among compulsory school and high school teachers in Sweden. *International Journal of Stress Management*, 10(3), 217–234. <https://doi.org/10.1037/1072-5245.10.3.217>
- Beckel, J. L., & Kunz, G. L. (2023). The impact of telework on conflict between work and family: A meta-analytic investigation. *Occupational Health Science*, 7(4), 681–706. <https://doi.org/10.1007/s41542-023-00163-7>
- Eurofound. (2020). Living, working and COVID-19. Publications Office of the European Union.
- Godínez-Tovar, A., Pozos-Radillo, B. E., & Preciado-Serrano, M. de L. (2023). Carga mental en docentes mexicanos con teletrabajo durante la pandemia por COVID-19. *Acta Universitaria*, 33, e3734. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3734>
- Goldberg, D. P. (1972). The detection of psychiatric illness by questionnaire: A technique for the identification and assessment of non-psychotic psychiatric illness. Maudsley Monograph No. 21. Oxford University Press.
- Goldberg, D. P., & Williams, P. (1988). A user's guide to the General Health Questionnaire. NFER-Nelson.
- Greenhaus, J. H., & Beutell, N. J. (1985). Sources of conflict between work and family roles. *Academy of Management Review*, 10(1), 76–88. <https://doi.org/10.5465/amr.1985.4277352>
- Hardy, G. E., Shapiro, D. A., Haynes, C. E., & Rick, J. E. (1999). Validation of the General Health Questionnaire-12: Using a sample of employees from England's health care services. *Psychological Assessment*, 11(2), 159–165. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.11.2.159>
- Harvey, S. B., Modini, M., Joyce, S., Milligan-Saville, J. S., Tan, L., Mykletun, A., Bryant, R. A., Christensen, H., & Mitchell, P. B. (2017). Can work make you mentally ill? A systematic meta-review of work-related risk factors for common mental health problems. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(4), 301–310. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-104015>
- Heiden, M., Widar, L., Wiitavaara, B., & Boman, E. (2020). Telework in academia: Associations with health and well-being among staff. *Higher Education*, 81(4), 707–722. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00569-4>
- Johnson, J. V., & Hall, E. M. (1988). Job strain, workplace social support, and cardiovascular disease: A cross-sectional study of a random sample of the Swedish working population. *American Journal of Public Health*, 78(10), 1336–1342. <https://doi.org/10.2105/ajph.78.10.1336>
- Karasek, R. A. (1979). Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly*, 24(2), 285–308. <https://doi.org/10.2307/2392498>
- Meijman, T. F., & Mulder, G. (1998). Psychological aspects of workload. En P. J. D. Drenth & H. Thierry (Eds.), *Handbook of work and organizational psychology* (2nd ed., Vol. 2, pp. 5–33). Psychology Press.

- Mendonça, I., Coelho, F., Ferrajão, P., & Abreu, A. M. (2022). Telework and mental health during COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2602. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052602>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2020). Trabajar desde casa: Del distanciamiento social a la nueva normalidad. OIT.
- Orrego, V. (2023). COVID-19 y salud mental docente: diferencias en torno al sexo y el rol de cuidador. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 28(97), 587–609.
- Palma-Vásquez, C., Carrasco, D., & Hernando-Rodríguez, J. C. (2021). Mental health of teachers who have teleworked due to COVID-19. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(2), 515–529. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11020037>
- Ruiz, F. J., García-Beltrán, D. M., & Suárez-Falcón, J. C. (2017). General Health Questionnaire-12 validity in Colombia and factorial equivalence between clinical and nonclinical participants. *Psychiatry Research*, 256, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2017.06.020>
- Santiago, I. S. D., dos Santos, E. P., da Silva, J. A., Cavalcante, Y. S., Gonçalves Júnior, J., Costa, A. R. S., & Cândido, E. L. (2023). The impact of the COVID-19 pandemic on the mental health of teachers and its possible risk factors: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1747. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031747>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2018). NOM-035-STPS-2018: Factores de riesgo psicosocial en el trabajo — identificación, análisis y prevención. *Diario Oficial de la Federación*.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2023). NOM-037-STPS-2023: Teletrabajo — condiciones de seguridad y salud en el trabajo. *Diario Oficial de la Federación*, 8 de junio de 2023.
- Solís-Cámara, P., Meda Lara, R. M., Moreno Jiménez, B., & Juárez Rodríguez, P. (2016). Estructura factorial del Cuestionario de Salud General GHQ-12 en población general de México. *Salud & Sociedad*, 7(1), 62–76. <https://doi.org/10.22199/S07187475.2016.0001.00004>
- Sonnentag, S., & Fritz, C. (2007). The Recovery Experience Questionnaire: Development and validation of a measure for assessing recuperation and unwinding from work. *Journal of Occupational Health Psychology*, 12(3), 204–221. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.12.3.204>
- Urzúa, A., Caqueo-Úrizar, A., Bargsted, M., & Irarrázaval, M. (2015). ¿Afecta la forma de puntuación la estructura factorial del GHQ-12? Estudio exploratorio en estudiantes iberoamericanos. *Cadernos de Saúde Pública*, 31(6), 1305–1312. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00122913>
- Villavicencio-Ayub, E., Uribe-Prado, J. F., & García-Saisó, A. (2021). Agotamiento profesional en docentes universitarios durante la pandemia por COVID-19. *Psicología y Salud*, 31(2), 185–194. <https://doi.org/10.25009/pys.v31i2.2696>

Contribución de autores

La siguiente tabla describe la contribución de cada autor conforme a la taxonomía CRediT.

Rol CRediT	García Martínez R.	De la Vega Bustillo E.J.	Lucero Duarte K.P.	Martínez Villa F.A.
Conceptualización	✓	✓		✓
Metodología		✓		✓
Software				✓
Validación		✓	✓	✓
Análisis formal			✓	✓
Investigación			✓	✓
Recursos	✓			
Curación de datos			✓	✓
Redacción – borrador original				✓
Redacción – revisión y edición		✓	✓	✓
Visualización				✓
Supervisión	✓	✓		
Administración del proyecto	✓			✓
Obtención de financiamiento	✓			

Nota. Las asignaciones de rol deben ser revisadas y confirmadas por los autores antes de la publicación final.

Fuente. Elaboración propia (2025).

Economía social y solidaria, Red RIESS y Agenda 2030: análisis documental de casos regionales del norte, centro y sur de México

Social and solidarity economy, Red RIESS and the 2030 Agenda: a documentary analysis of regional cases in northern, central and southern Mexico

Rodolfo Martínez Gutiérrez

Instituto Tecnológico de Tijuana

rodolfo.martinez@tectijuana.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6501-9851>

Gaudencio Lucas Bravo

Tecnológico Nacional de México

s_academica@tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0004-7375-3510>

Disciplina: Ciencias sociales, economía social y solidaria, desarrollo regional y sostenibilidad.

Resumen

Este estudio compara las contribuciones atribuidas a la economía social y solidaria (ESS) en experiencias documentadas del norte, centro y sur de México, relacionadas con los NODESS, la Red RIESS, el Tecnológico Nacional de México y la Agenda 2030. Para ello, se llevó a cabo un análisis cualitativo documental de 28 capítulos publicados en 2025 en tres volúmenes regionales, además de dos informes territoriales de Tijuana. El corpus se organizó mediante una matriz compuesta por siete ejes analíticos y cinco campos de registro. La adscripción regional se estableció a partir del lugar donde se desarrolló cada intervención, y no del volumen editorial en el que fue publicada. La investigación aplicada derivada del trabajo multidisciplinario y en modalidad Grupo de Investigación del proyecto “Observatorio Nacional de Proyectos de Economía Social y Solidaria, PRONACES, Redes de Investigación y Agenda 2030”; los principales hallazgos de la investigación documental a través de la Red de Investigación en Economía Social y Solidaria (Red RIESS) conducen a vincular al norte de México con la innovación productiva, la formación de redes. En el centro de México las investigaciones con enfoque a las políticas públicas y transición energética, en el caso del sur de México; sobre sale el liderazgo en aspectos del cuidado del medio ambiente, patrimonio biocultural, seguridad alimentaria y ecoturismo. Las tres regiones del territorio nacional existen casos de éxito de Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) con casos de éxito.

Palabras clave: cooperación; sostenibilidad; innovación social; territorio; alianzas.

Abstract

This study compares the contributions attributed to the social and solidarity economy (SSE) in documented experiences from northern, central and southern Mexico, related to NODESS, the RIESS Network, the Tecnológico Nacional de México and the 2030 Agenda. To this end, a qualitative documentary analysis of 28 chapters published in 2025 in three regional volumes, in addition to two

territorial reports from Tijuana, was carried out. The corpus was organized through a matrix composed of seven analytical axes and five registration fields. The regional ascription was established based on the place where each intervention was developed, and not on the editorial volume in which it was published. The applied research derived from the multidisciplinary work and in the Research Group modality of the project "National Observatory of Social and Solidarity Economy Projects, PRONACES, Research Networks and Agenda 2030"; the main findings of documentary research through the Social and Solidarity Economy Research Network (RIESS Network) lead to linking northern Mexico with productive innovation, the formation of networks. In central Mexico, research with a focus on public policies and energy transition, in the case of southern Mexico; above all, leadership in aspects of environmental care, biocultural heritage, food security and ecotourism. In the three regions of the national territory, there are success stories of Nodes for the Promotion of the Social and Solidarity Economy (NODESS) with success stories.

Keywords: cooperation; sustainability; social innovation; territory; partnerships.

Introducción

La economía social y solidaria (ESS) reúne organizaciones y actividades que priorizan los objetivos sociales, la solidaridad y a las personas por encima del capital. En general, también se apoya en formas de gobernanza democrática o participativa (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2022; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2023). Su reconocimiento internacional ha crecido por el potencial que ofrece para vincular la actividad económica con el trabajo decente, la inclusión y el desarrollo sostenible (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2023). En México, los Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) y la Red de Investigación en Economía Social y Solidaria (Red RIESS) del Tecnológico Nacional de México han abierto espacios de colaboración en los que participan instituciones educativas, comunidades, productores, gobiernos y organizaciones sociales (Martínez Gutiérrez et al., 2025a, 2025b).

Los casos revisados muestran que la ESS no adopta una misma forma en todos los territorios. Cada experiencia responde a problemas y actores particulares, aunque en varias de ellas el trabajo en red fue necesario para poner en marcha las iniciativas. El NODESS Tijuana, por ejemplo, ha vinculado la soberanía alimentaria con la cultura y la innovación social, además de promover alianzas nacionales (Martínez Gutiérrez et al., 2025a). A partir de esta experiencia, la Red RIESS extendió la colaboración hacia una agenda de investigación relacionada con la sostenibilidad y los ODS dentro y fuera del país (Martínez Gutiérrez et al., 2025b). El panorama del norte se completa con experiencias muy distintas entre sí. En Mexicali se estudia la cadena productiva del dátil; en Ensenada, el trabajo académico del Instituto Tecnológico; en Los Cabos, la formación cooperativa; y en Huatabampo, distintas opciones de aprovechamiento productivo. A estos casos se suman los estudios realizados en Sonora sobre innovación empresarial y equidad de género (Chávez Remigio, 2025; Guadarrama Ramírez et al., 2025; Lacruhy Enríquez, 2025; Rodríguez Leyva et al., 2025; Romero Ocaño et al., 2025; Zazueta Arguilez et al., 2025).

El NODESS Tijuana tiene un lugar propio en este recorrido, pues es reconocido como el primero de la frontera norte de México. Su punto de partida fue el estudio de la industria de la masa y la tortilla. El interés no se limitó a su dimensión económica: también se examinó su vínculo con la soberanía alimentaria, la identidad cultural y la economía popular. Más adelante, el trabajo se extendió hacia el

desarrollo sostenible y la elaboración de Informes Locales Voluntarios de la Agenda 2030 en distintos territorios del país. Al mismo tiempo, la Red RIESS amplió su presencia dentro y fuera de México mediante un proyecto de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), orientado a impulsar “100 revisiones locales voluntarias (VLR, por sus siglas en inglés) en 100 ciudades de México y países invitados”. Este proceso favoreció la participación en espacios relacionados con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en Nueva York, y en el Foro de Ciudades Sostenibles de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), celebrado en París. También propició vínculos con universidades de Centroamérica, Sudamérica y Europa, entre ellas la Universidad Católica de El Salvador, la Universidad Nacional de Costa Rica, la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica, la Universidad Braulio Carrillo, la Universidad de Panamá, la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, la Universidad de Campinas, la Universidad de La Serena y la Universidad de La Rioja (Martínez Gutiérrez et al., 2025a, 2025b; Naciones Unidas, 2024, 2025).

A partir de este panorama, el estudio compara las contribuciones atribuidas a la ESS en experiencias documentadas del norte, centro y sur de México e identifica formas de articulación territorial relacionadas con el desarrollo sostenible. Primero se delimita el corpus y se explica cómo se realizó el análisis. Después se presentan los hallazgos de cada región y, finalmente, se discuten los patrones encontrados, las limitaciones del estudio y las líneas de investigación que se desprenden de ellos.

Metodología

Diseño y corpus documental

Se desarrolló un estudio cualitativo de carácter documental, descriptivo y comparativo. El corpus estuvo conformado por 28 capítulos publicados en 2025 en tres volúmenes: Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México (9 capítulos), región centro de México (10 capítulos) y región sur de México (9 capítulos). También se incluyeron el Informe Subnacional Voluntario Tijuana 2024 (ISV) y la Revisión Local Voluntaria de Tijuana 2025 (VLR, por sus siglas en inglés). La búsqueda se cerró el 15 de agosto de 2026. Los capítulos se obtuvieron de los volúmenes de acceso abierto de Atena Editora, a partir de los DOI incluidos en la sección Disponibilidad de datos, mientras que los informes se recuperaron del repositorio oficial de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Se revisó el contenido completo de los 28 capítulos y de ambos informes. Las listas de referencias se consultaron únicamente para comprobar la procedencia y el contexto de la información.

Criterios de selección y delimitación territorial

La selección consideró documentos que cumplieran cuatro condiciones: a) describir una experiencia, propuesta o análisis relacionado de manera explícita con la ESS, los NODESS, la Red RIESS o la Agenda 2030; b) identificar un territorio, institución o población de referencia en México; c) estar disponibles a texto completo; y d) ofrecer información suficiente para cubrir, por lo menos, cuatro campos de la matriz. Se descartaron duplicados, materiales cuyo contenido completo no estaba disponible y documentos sin relación expresa con el objeto de estudio. La comparación se organizó según la ubicación geográfica de la intervención o de la institución analizada. Así, los trabajos del Instituto Tecnológico de Nogales y otros casos desarrollados en Sonora se ubicaron en la región norte, aunque algunos aparecieran publicados en el volumen de la región centro.

Matriz, categorías y codificación

Proceso de la investigación documental.

En cada caso se anotaron la referencia, el lugar donde se desarrolló la experiencia, el problema u objetivo planteado, los actores participantes y los resultados, aportes o propuestas señalados por la propia fuente. La relación con los ODS se incorporó después de esta primera lectura. Al comparar los registros comenzaron a repetirse algunos asuntos, que finalmente se organizaron en siete ejes: redes y alianzas; innovación productiva y tecnológica; formación y educación cooperativa; equidad e inclusión social; sostenibilidad comunitaria; seguridad alimentaria y patrimonio biocultural; y transición energética y ambiental. Esta organización ayudó a comparar los casos sin perder las particularidades de cada experiencia.

La asignación de los ODS se hizo con dos criterios. Cuando el capítulo mencionaba expresamente un objetivo, se conservó esa referencia. Si no lo hacía, la relación solo se registró cuando el problema o el resultado descrito coincidía de manera directa con una meta oficial; en la matriz quedó señalado que se trataba de una interpretación de los autores. La codificación fue revisada por ambos autores de forma independiente. Los desacuerdos se discutieron después de volver a los textos completos. Durante la comparación se buscaron coincidencias y diferencias entre regiones, así como temas poco desarrollados. También se mantuvo separada la información sobre resultados medidos de aquella que correspondía a propuestas o percepciones.

Declaración sobre el uso de IA generativa

La inteligencia artificial generativa se empleó como apoyo durante la organización inicial y la revisión lingüística del manuscrito. Su participación se limitó a la estructuración y edición preliminar del texto. Los autores comprobaron las fuentes, revisaron todas las interpretaciones y asumen plenamente la responsabilidad por el contenido y la versión final.

Responsabilidad autoral

Los autores se responsabilizan de la veracidad, pertinencia y precisión del manuscrito. Para ello, las afirmaciones se cotejaron con los textos completos que integran el corpus y se mantuvo una distinción clara entre los resultados comunicados por las fuentes y las interpretaciones desarrolladas en esta revisión.

Resultados

Casos de estudio de la región norte de México

La región norte reúne 12 documentos, entre ellos tres trabajos realizados en Nogales, Sonora, que habían sido publicados en el volumen del centro. El conjunto incluye experiencias de Tijuana, Mexicali, Ensenada, Los Cabos, Agua Prieta, Huatabampo y Nogales. Los temas son diversos: redes, cadenas productivas, innovación tecnológica, formación cooperativa, inclusión social, vivienda y sostenibilidad. Debido a que la evidencia procede de los propios capítulos, los resultados se presentan en los términos comunicados por sus autores y no como efectos comprobados para toda la región.

En Tijuana, Mexicali, Ensenada, Los Cabos, Agua Prieta, Huatabampo y otras zonas del norte del país, los estudios revisados muestran que la economía social y solidaria puede apoyar la innovación territorial, la inclusión social y el desarrollo comunitario frente a desafíos productivos, urbanos, ambientales y fronterizos (Chávez Remigio, 2025; Corral Morales et al., 2025; Guadarrama Ramírez et

al., 2025; Lacruhy Enríquez, 2025; Martínez Gutiérrez et al., 2025a, 2025b; Rodríguez Leyva et al., 2025; Romero Ocaño et al., 2025; Zazueta Arguilez et al., 2025).

La Figura 1 reúne los principales componentes de los casos documentados en la región norte. En ella se aprecia la relación entre el NODESS Tijuana, la Red RIESS, la innovación productiva, la formación cooperativa, la inclusión social, la sostenibilidad productiva y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Figura 1. Mapa mental de los casos de estudio de la región norte de México



Fuente: Elaboración propia (2026)

La Figura 1 agrupa los casos del norte en cinco dimensiones: redes institucionales, innovación productiva, formación, inclusión y sostenibilidad. Su utilidad radica en mostrar qué temas aparecen relacionados dentro de los documentos y en facilitar la comparación con las regiones centro y sur. No representa una secuencia causal ni una medición de impacto.

Articulación de redes y alianzas para la Agenda 2030.

Los trabajos dedicados al NODESS Tijuana y a la Red RIESS describen formas de coordinación entre actores académicos, comunitarios e institucionales alrededor de la soberanía alimentaria, la innovación social, la cultura y el desarrollo sostenible (Martínez Gutiérrez et al., 2025a, 2025b). En estos documentos, las redes funcionan como espacios de coordinación, producción de conocimiento y vinculación territorial. El ODS 17 sirve como referente para clasificar estas alianzas, sin que ello implique una valoración directa de su eficacia.

Innovación productiva, transferencia tecnológica y competitividad territorial.

Los capítulos de Mexicali y Agua Prieta abordan dificultades relacionadas con la comercialización del dátil, la generación de valor agregado, la transferencia tecnológica y el desarrollo empresarial (Guadarrama Ramírez et al., 2025; Rodríguez Leyva et al., 2025). Los dos casos permiten entender la innovación territorial como un proceso técnico, organizativo y comercial. La comparación

es documental. Sin indicadores primarios equivalentes, no es posible calcular cambios en productividad, competitividad o bienestar.

Formación cooperativa y construcción de capacidad local.

En Los Cabos y Ensenada se documentan talleres, metodologías participativas, materiales educativos y actividades vinculadas con el cooperativismo y la Agenda 2030 (Chávez Remigio, 2025; Lacruhy Enríquez, 2025). Las fuentes atribuyen a estas acciones una función formativa. Aquí se registran como experiencias de desarrollo de capacidades, pero no se da por hecho que su efectividad haya sido evaluada mediante un diseño común.

Equidad, inclusión social y bienestar comunitario

Los estudios sobre liderazgo femenino, vivienda y bienestar comunitario en Sonora describen barreras socioculturales, carencias de infraestructura y desigualdades de acceso (Corral Morales et al., 2025; Romero Ocaño et al., 2025). En los tres trabajos desarrollados en Nogales, la atención se dirige hacia acciones educativas, tecnológicas y ambientales relacionadas con los ODS, Arduino, la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), Internet de las cosas e infraestructura verde (Hernández Ruiz et al., 2025; Meneses Mendoza et al., 2025; Ramírez Escobar et al., 2025). Aunque estos capítulos fueron publicados en el volumen del centro, se incorporaron al norte porque las experiencias tuvieron lugar en Sonora.

Sostenibilidad productiva y uso responsable de recursos

En Huatabampo, la propuesta de secado solar de frutas busca aprovechar las pérdidas de mango mediante una tecnología de bajo costo basada en energía renovable (Zazueta Arguilez et al., 2025). El documento plantea una opción productiva, pero no incluye una evaluación comparable de ingresos, desperdicios o emisiones. Por ello, se registra como una propuesta de innovación sostenible y no como un impacto comprobado. En conjunto, los documentos del norte insisten en la necesidad de relacionar instituciones educativas, productores, comunidades y gobiernos. La organización, la formación, la innovación y el uso responsable de los recursos aparecen con mayor frecuencia. Sin embargo, las diferencias entre los estudios y los datos que ofrecen impiden comparar la magnitud de sus resultados.

La Red RIESS articula proyectos de investigación aplicada, formación de capital humano y vinculación en torno a la Economía Social y Solidaria, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con participación de instituciones y actores de distintos sectores. Su consolidación tiene como antecedente el NODESS Tijuana, desde donde se fortalecieron capacidades académicas, institucionales y comunitarias para desarrollar proyectos de innovación social y desarrollo territorial. Esta trayectoria también ha contribuido al fortalecimiento del Cuerpo Académico “Competitividad Sectorial, Innovación Social y Desarrollo Sostenible” (ITTIJ-CA-12) y de proyectos colaborativos vinculados con el PRODEP, el TecNM y la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Entre sus principales iniciativas destaca el impulso a los Informes Locales Voluntarios (VLR), instrumentos que permiten analizar y visibilizar los avances de gobiernos locales, instituciones y comunidades en el cumplimiento de la Agenda 2030. Esta línea de trabajo se vincula con el proyecto IH-2025-G-26, “Observatorio Nacional de Proyectos de Economía Social y Solidaria, PRONACES, Redes de Investigación y Agenda 2030”, financiado por la SECIHTI.

Casos de estudio de la región centro de México

La región centro reúne siete capítulos. Los tres trabajos realizados en Nogales, Sonora, se trasladaron a la región norte para mantener el criterio territorial establecido en la metodología. Los documentos que permanecieron en este grupo abordan la formación de posgrado, la educación cooperativa, la política pública, los marcos legales, la transición energética y la didáctica crítica. Aunque parten de problemas distintos, comparten el interés por la formación, las instituciones y las normas relacionadas con la ESS (Bárcenas Cortés et al., 2025; Jiménez Bernardino et al., 2025a, 2025b, 2025c; León López et al., 2025; Martínez Gutiérrez et al., 2025c, 2025d).

No hay un solo tema que defina los casos del centro. La formación y la intervención administrativa ocupan buena parte de los capítulos, pero también aparecen la regulación y las alternativas energéticas. En medio de esa diversidad, las instituciones educativas mantienen una presencia constante. A veces actúan como espacios de formación y, en otras ocasiones, como enlace con actores públicos y sociales. Esta característica describe el tipo de experiencias reunidas en el corpus, pero no ofrece por sí sola evidencia sobre su efectividad.

La estrategia académica para la investigación aplicada mediante proyectos de casos de estudio posgrado en doctorado en administración del Tecnológico Nacional de México Campus Tijuana se ha convertido en un crisol de ideas innovadoras mediante la aplicación de metodologías de intervención organizacional como es el caso de la metodología Quinta Hélice Sistémica (QHS), con el propósito de integrar los distintos sectores de la sociedad, con el propósito del desarrollo de mecanismos e instrumentos para el crecimiento y consolidación de los ecosistemas productivos con impacto social y cuidado del medio ambiente, impulsando el desarrollo sostenible (Martínez Gutiérrez et al., 2025c, 2025d).

Tres capítulos analizan maneras de enseñar la Economía Social y Solidaria (ESS), la participación y el cuidado del entorno en diferentes niveles escolares. Para ello, proponen una educación que ayude a comprender problemas complejos, fomente la cooperación y anime a los estudiantes a reflexionar y participar en la solución de situaciones de su comunidad (Jiménez Bernardino et al., 2025b, 2025c; León López et al., 2025). También se revisan las leyes sobre economía social y solidaria de México y Colombia, así como una propuesta que combina el cultivo agrícola con el uso de energía solar para apoyar la transición hacia energías más limpias (Bárcenas Cortés et al., 2025; Jiménez Bernardino et al., 2025a). El conjunto ofrece perspectivas diversas, aunque los resultados no pueden compararse directamente porque los capítulos no utilizan indicadores comunes.

La Figura 2 organiza los siete documentos de la región centro alrededor de cuatro asuntos que aparecen con mayor frecuencia: formación de posgrado, educación cooperativa, política pública y transición energética. Los casos de Nogales no forman parte de esta síntesis. Como se explicó en la metodología, se incorporaron a la región norte porque las experiencias se desarrollaron en Sonora.

Figura 2. Mapa mental de los casos de estudio de la región centro de México



Fuente: Elaboración propia (2026)

En la Figura 2 se observa el lugar que ocupan la formación, la regulación, la innovación pública y la energía dentro de los documentos del centro. La educación tiene aquí una presencia más marcada que en el norte, mientras que la innovación productiva se aborda principalmente desde la tecnología y la política pública. La figura resume este perfil temático; no compara el desempeño de las iniciativas ni establece relaciones causales entre ellas.

Casos de estudio de la región sur de México

La revisión de la región sur abarcó nueve capítulos sobre cooperativismo, seguridad alimentaria, educación ambiental, liderazgo comunitario, ecoturismo, maíz criollo, energías renovables y NODESS. La mayoría de las experiencias ocurre en espacios rurales, educativos y comunitarios, donde se vinculan con la participación, la autogestión y la sostenibilidad territorial (Balderrabano Briones et al., 2025; Díaz Azamar et al., 2025; Eliseo Dantés et al., 2025; Jiménez Márquez et al., 2025; Martínez Gutiérrez et al., 2025e; Oropeza Tosca et al., 2025a, 2025b; Pérez Garmendia et al., 2025; Posada Gómez et al., 2025).

En los temas de seguridad alimentaria y educación ambiental, los documentos señalan vulnerabilidad económica y poca diversidad alimentaria en Zempoala. También identifican necesidades de alfabetización ambiental, formación docente y participación comunitaria (Balderrabano Briones et al., 2025; Eliseo Dantés et al., 2025; Pérez Garmendia et al., 2025). La revisión recupera estos resultados tal como fueron comunicados en las fuentes; no se realizó trabajo de campo adicional para contrastarlos.

Monte Flor, el Circuito de Fortalecimiento Cooperativo y Tlaxiaco ofrecen tres miradas sobre procesos comunitarios en los que se entrelazan el liderazgo local, la organización cooperativa, el turismo y la valoración del maíz criollo (Díaz Azamar et al., 2025; Jiménez Márquez et al., 2025; Posada Gómez et

al., 2025). En otra experiencia, la modernización de una unidad agropecuaria se apoya en el uso de energía solar y eólica, con posibles ahorros y reducciones de emisiones (Oropeza Tosca et al., 2025b). Estos beneficios todavía no pueden compararse entre casos, pues los documentos no utilizan indicadores equivalentes. Se mantienen, entonces, como resultados esperados por la fuente y no como efectos comprobados en esta revisión.

Figura 3. Mapa mental de los casos de estudio de la región sur de México



Fuente: Elaboración propia (2026)

En la Figura 3, los casos del sur se distribuyen en seis ámbitos: cooperativismo, seguridad alimentaria, educación ambiental, liderazgo, patrimonio biocultural y transición energética. A diferencia de las otras regiones, los recursos rurales y comunitarios ocupan un lugar más visible. La figura sintetiza este perfil sin establecer relaciones causales ni niveles de impacto.

La lectura comparada deja ver que los temas no se distribuyen de manera uniforme. En los documentos del norte se habla con mayor frecuencia de redes, innovación productiva, formación e inclusión. Los investigadores de la región centro se enfocan en la educación, el posgrado, la política pública y la transición energética, mientras que en el sur cobran fuerza el cooperativismo, la seguridad alimentaria, el patrimonio biocultural y la sostenibilidad rural. No hay fronteras temáticas rígidas; varios asuntos aparecen en varias regiones y adquieren sentidos distintos. La Tabla 1 presenta un análisis sistemático de los Casos regionales de economía social y solidaria y Agenda 2030, realizando una organización para desarrollar una caracterización de los territorios en el norte, centro y sur de México. Los capítulos representan las experiencias de investigación aplicada, documental y de campo de los investigadores miembros de la Red RIESS y NODESS en todo el territorio nacional.

Los enfoques de especialización de la región Centro son las política pública, marcos legales y transición energética, educación cooperativa, didáctica crítica, marco legal y parcela agrovoltáica.

La profundidad del análisis de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) como es el caso del ODS4, ODS7, ODS9, ODS11, ODS13 y ODS17. Para el Fortalecimiento de capacidades académicas, innovación sostenible, educación transformadora, transición energética y acción ambiental local. El impulso del

desarrollo de Informes Locales Voluntarios (VLR) favorece la reflexión en la juventud en las nuevas generaciones y ante el relevo generacional, para tomar conciencia de la importancia de las acciones que pueden poner en riesgo los recursos naturales y soberanía alimentaria en los próximos años, y la reflexión al cambio climático, como es el caso del calentamiento global.

Tabla 1. Casos regionales de economía social y solidaria y Agenda 2030

Región	Ejes principales	Casos representativos	ODS vinculados	Aporte a la economía social y solidaria
Norte de México	Redes, innovación productiva, formación cooperativa, inclusión, vivienda, sostenibilidad y proyectos educativos-tecnológicos de Nogales.	NODESS Tijuana, Red RIESS, Doctorado en Administración, Mexicali, Ensenada, Los Cabos, Agua Prieta, Huatabampo y Nogales.	ODS 5, 8, 9, 11, 12 y 17.	Articulación de redes, soberanía alimentaria, innovación territorial, liderazgo femenino, vivienda digna y desarrollo comunitario.
Centro de México	Educación cooperativa, posgrado, política pública, marcos legales y transición energética.	Educación cooperativa, didáctica crítica, marco legal y parcela agrovoltáica.	ODS 4, 7, 9, 11, 13 y 17.	Fortalecimiento de capacidades académicas, innovación sostenible, educación transformadora, transición energética y acción ambiental local.
Sur de México	Cooperativismo, seguridad alimentaria, educación ambiental, liderazgo comunitario, ecoturismo, maíz criollo y energías renovables.	Zempoala, NODESS del sur, Monte Flor, Tlaxiaco, maíz criollo, educación ambiental y sistemas solares-eólicos.	ODS 2, 4, 7, 8, 12, 13 y 17.	Gobernanza comunitaria, patrimonio biocultural, turismo comunitario, seguridad alimentaria, cooperativismo y sostenibilidad rural.

Fuente: Elaboración propia (2026)

La Tabla 2 vincula los ejes analíticos; de cada región de México, en la región Norte; se destacan las Redes de investigación, posgrado, innovación productiva, formación cooperativa, inclusión, vivienda, sostenibilidad y proyectos educativos-tecnológicos de Tijuana, Mexicali, Ensenada, Nogales, Agua Prieta, Los Cabos y Huatabampo. En la región Centro: la Educación cooperativa, política pública, marcos legales y transición energética. Y en caso de la región Sur; El cooperativismo, seguridad alimentaria, educación ambiental, liderazgo comunitario, ecoturismo, maíz criollo y energías renovables.

Cabe mencionar que en las tres regiones se impulsado el desarrollo de Informes Locales Voluntarios (VLR acrónimo en ingles de Voluntary Local Report) de Agenda 2030 de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS), acciones que mediante la academia se han visto formalizadas las acciones de intervención y colaboración sistémica de los integrantes de la Red RIESS, Cuerpos Académicos, NODESS y propiamente los distintos sectores de la sociedad, sector gobierno y sector social. Logrando trazabilidad de los aportes de la sociedad a cada uno de los ODS, generando indicadores de para la mejora continua y reflexión académica y de investigación aplicada, como una estrategia de generación de información analítica, de lo que estamos haciendo por el planeta desde un contexto local y sectorial. Proyectos e innovaciones icónicas en cada región dejan de manifiesto la contribución de la academia; como es el caso de los VLR impulsados por el NODESS Tijuana y la Red RIESS a nivel Nacional, Experiencias exitosas del Datil en el NODESS de TecNM Mexicali, El Maiz Criollo la

investigación de campo del TecNM Tlaxiaco y TecNM Villahermosa, y las acciones del Ecoturismo en los Campus de TecNM del Sur de México.

Tabla 2. Ejes analíticos y su vinculación con ODS y casos documentales

Eje analítico	Regiones asociadas	Casos/documentos vinculados	ODS relacionados	Evidencia o aporte principal
Redes y alianzas	Norte, centro y sur	NODESS Tijuana, Red RIESS, NODESS del sur, NODESS comunitarios e ISV y VLR de Tijuana.	ODS 11, 16 y 17.	Articulación entre academia, gobierno, comunidad y sector productivo para impulsar territorialmente la Agenda 2030.
Innovación productiva y tecnológica	Norte, centro y sur	Dátil en Mexicali, Agua Prieta, parcela agrovoltaiica, Arduino/STEM, infraestructura verde y energía solar-eólica.	ODS 7, 8, 9, 12 y 13.	Transferencia tecnológica, eficiencia energética, innovación territorial y fortalecimiento de capacidades productivas locales.
Formación y educación cooperativa	Norte, centro y sur	Ensenada, Los Cabos, educación cooperativa, Doctorado en Administración, educación ambiental y enseñanza de la ESS.	ODS 4 y 17.	Desarrollo de capacidades, pensamiento crítico, liderazgo colaborativo y formación para la economía social y solidaria.
Inclusión social y bienestar comunitario	Norte, centro y sur	Liderazgo femenino, vivienda en Huatabampo, Hambre Cero en Zempoala y brechas educativas rurales.	ODS 2, 5, 10 y 11.	Equidad, seguridad alimentaria, vivienda digna, corresponsabilidad social y mejora del bienestar comunitario.
Patrimonio biocultural y sostenibilidad rural	Sur	Maíz criollo, Tlaxiaco, turismo comunitario, Centro Ecoturístico Monte Flor y economía circular rural.	ODS 8, 11, 12 y 13.	Gobernanza comunitaria, ecoturismo, preservación de saberes territoriales y valorización de recursos bioculturales.
Agenda 2030 e ISV y VLR	Norte y proyección nacional e internacional	Informe Subnacional Voluntario Tijuana 2024, Revisión Local Voluntaria de Tijuana 2025 y proyecto “100 VLR en 100 ciudades”.	ODS 11, 16 y 17.	Evaluación territorial, seguimiento de ODS, rendición de cuentas, cooperación interinstitucional y diplomacia local.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los ejes analíticos nos conducen a replantear las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimientos (LGAC) en los Cuerpos Académicos, las Academias en licenciatura, los Consejos en las maestrías y Claustros doctorales, con la finalidad de valor aspectos como Articulación entre academia, gobierno, comunidad y sector productivo para impulsar territorialmente la Agenda 2030, la transferencia tecnológica, eficiencia energética, innovación territorial y fortalecimiento de capacidades productivas locales; generando oportunidades para el desarrollo de capacidades, pensamiento crítico, liderazgo colaborativo y formación para la economía social y solidaria. Todo el marco de los PRONACES (Programas Nacionales Estratégicos) alineados a las necesidades del Plan Nacional de Desarrollo y Plan México.

Discusión

Los resultados pueden leerse a la luz de la definición de ESS planteada por la OIT y la OCDE, donde los fines sociales, la solidaridad, la primacía de las personas y la participación en las decisiones ocupan un lugar central (OIT, 2022; OCDE, 2023). Estos elementos aparecen, con matices, en las tres regiones. La variedad del corpus también muestra que no toda iniciativa social funciona de la misma manera. Para hablar de ESS con precisión es necesario observar quién decide, quién participa y cómo se distribuyen los beneficios. Los capítulos ofrecen información sobre algunos de estos aspectos, pero pocas veces permiten reconstruirlos en su conjunto.

Los NODESS y la Red RIESS unen a escuelas, comunidades, gobiernos y productores para apoyar proyectos locales. Sin embargo, para saber si estos proyectos funcionan, se necesitan metas claras, datos y una revisión constante. La OCDE (2023) recomienda definir qué se busca, quién participa y qué resultados se obtienen. En los documentos revisados, esta información suele estar incompleta.

La innovación aparece en las tres regiones de distintas formas: nuevas tecnologías, energías limpias, cambios en la enseñanza y mejores maneras de organizar o vender productos. Pero una idea nueva no basta. También es importante conocer qué problema busca resolver, quién participa y cómo se reparten los beneficios. Los proyectos muestran buenas posibilidades, aunque todavía faltan datos para saber sus resultados económicos y ambientales.

La educación también es importante en estos proyectos. Se realizan talleres, cursos, actividades cooperativas y acciones para cuidar el ambiente. Sin embargo, los estudios no explican con claridad qué aprendieron las personas ni si aplicaron ese aprendizaje después. También se estudian temas como género, vivienda, alimentación y cultura local. Para conocer cambios reales, es necesario escuchar a las comunidades y dar seguimiento a los proyectos durante más tiempo.

Limitaciones del estudio

La investigación aplicada generada desde la Red de Investigación de Economía Social y Solidaria (Red RIESS), promueve el desarrollo de iniciativas enmarcadas en las necesidades locales, regionales y a nivel nacional, incluso con el análisis de experiencias internacionales.

Conclusiones

La comparación permite responder al objetivo del estudio. En las tres regiones, la ESS se relaciona con la colaboración entre instituciones educativas, comunidades, gobiernos y actores productivos, aunque el énfasis cambia según el territorio. En el norte predominan las redes, la innovación, la formación y la inclusión; en el centro, la educación, el posgrado, la política pública y la transición energética; y en el sur, el cooperativismo, la seguridad alimentaria, el patrimonio biocultural y la sostenibilidad rural. El aporte del análisis consiste en ordenar estas experiencias con criterios comunes y distinguir lo que informan las fuentes de las interpretaciones formuladas por los autores. Con la evidencia disponible no es posible afirmar que existan impactos causales. El estudio utiliza principalmente fuentes secundarias vinculadas con la red examinada, los casos son heterogéneos, no cuentan con indicadores comparables y algunas relaciones con los ODS fueron inferidas. La

reclasificación de los casos de Nogales mejora la coherencia territorial de la comparación, pero también pone de manifiesto la diferencia entre la organización editorial de los volúmenes y la ubicación efectiva de las intervenciones.

Los NODESS y la Red RIESS podrían fortalecer su capacidad de aprendizaje mediante un registro común de objetivos, participantes, productos, resultados e indicadores. La revisión externa también ayudaría a dar mayor solidez a los procesos de evaluación. A partir de ello, la agenda de investigación debería avanzar hacia estudios primarios, comparaciones a lo largo del tiempo y análisis independientes que permitan comprender mejor cómo se producen los resultados y bajo qué condiciones pueden sostenerse.

Líneas futuras de investigación

A partir de estos resultados, convendría estudiar las experiencias mientras se desarrollan y no solo a través de los documentos que producen. El seguimiento de los NODESS y de la Red RIESS requeriría indicadores sociales, económicos, ambientales, educativos y alimentarios vinculados con la Agenda 2030, junto con información sobre los recursos disponibles, las dificultades encontradas y las decisiones tomadas en cada territorio. De acuerdo a los hallazgos en la región Norte, Centro y Sur de México las siguientes líneas esta activas y generadores de información de acuerdo a las siguientes temáticas:

- Ods 17: alianza nacional del nodess tijuana en norte, centro y sur México con la agenda 2030
- Ods 17; investigación y desarrollo de la agenda 2030 de la onu, caso: red riess internacional
- Historia del nodess del tecnm mexicali y su impacto en la comercialización del dátil
- Construyendo redes de conocimiento: el instituto tecnológico de ensenada y su contribución a la red riess del tecnm
- Industria 4.0 y gestión del conocimiento en yucatán: estrategias para la sostenibilidad desde el fortalecimiento del ecosistema de innovación
- Iniciativa de taller de cooperativas para el bienestar común. Caso instituto tecnológico de estudios superiores de los cabos
- La innovación y su relación con el desarrollo empresarial en agua prieta, sonora: actor fundamental del ods 9
- Equidad de género y liderazgo femenino en la frontera de sonora: avances legislativos y retos hacia la agenda 2030
- Calidad de vida en la vivienda para el desarrollo de las comunidades de Huatabampo
- Transformación productiva y sustentabilidad: propuesta de secado solar de frutas en comunidades
- Rurales y la creación de un nodess
- Desarrollo sistémico (qhs). Casos de tesis de doctorado en administración en tecnm
- Políticas públicas para innovación sostenible. Casos de tesis de doctorado en administración en tecnm
- Enseñar la complejidad para el futuro: economía social y solidaria, y escenarios prospectivos para el tecnm
- Análisis comparativo del marco legal de la Economía social y solidaria de México
- Análisis e impacto de los recursos energéticos en México y otros países en la economía social. Caso de estudio de una parcela agrovoltáica

- Didáctica crítica y economía social: nuevos horizontes en la educación media superior
- Educación para el futuro: contribuciones del instituto tecnológico de nogales a los ods de la agenda 2030
- Nodess, apoyo comunitario it de nogales
- Impacto ambiental
- Economía social y solidaria, cooperativismo y agenda 2030; un ecosistema para vetas de investigación
- Ods 2: hambre cero y economía social en zempoala: un estudio comunitario desde la estadística aplicada
- Nodess del sur; impulso a la economía social y solidaria en el sureste de México
- Educación ambiental en educación superior. Caso estudiantes de administración
- Enseñando a cambiar el mundo: la economía social y solidaria en la educación
- Liderazgo y participación comunitaria en la economía social y solidaria
- Circuito de fortalecimiento cooperativo nodess 2025
- Modelo económico para comunidades y su relación con el maíz criollo (zea mays): caso Tlaxiaco
- Sustentabilidad y eficiencia energética en la agricultura: modernización de un establo para ganado y cultivo de maíz criollo mediante energía solar y eólica

Disponibilidad de datos

Los documentos que integran el corpus son de acceso público y pueden consultarse mediante los DOI y enlaces incluidos a continuación. La investigación no produjo bases de datos con participantes ni recopiló información personal o sensible.

Región norte de México

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518121>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518122>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518123>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518124>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518126>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518127>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518128>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518129>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.65325181210>

Región centro de México

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518121>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518122>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518123>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518124>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518125>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518126>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518127>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518128>
<https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518129>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.66025181210>

Región sur de México

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518121>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518122>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518123>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518124>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518125>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518126>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518127>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518128>

<https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518129>

Instrumentos y materiales de análisis

No se aplicaron cuestionarios, entrevistas ni protocolos de intervención. La matriz documental se describe en la metodología y puede solicitarse al autor de correspondencia.

Fuente de financiamiento

El estudio recibió financiamiento de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) mediante el proyecto IH-2025-G-26, “Observatorio Nacional de Proyectos de Economía Social y Solidaria, PRONACES, Redes de Investigación y Agenda 2030”, inscrito en la Convocatoria de Proyectos de Investigación Científica y Humanística. Los recursos corresponden a las actividades de la primera etapa, bajo la responsabilidad técnica de Rodolfo Martínez Gutiérrez.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no tienen conflictos financieros ni comerciales. Como medida de transparencia, se informa que Rodolfo Martínez Gutiérrez es responsable técnico del proyecto SECIHTI mencionado en el apartado de financiamiento y que participa en la Red RIESS y en instituciones relacionadas con parte del corpus. Para disminuir el posible sesgo derivado de esta vinculación, ambos autores revisaron la codificación, diferenciaron los hallazgos de las interpretaciones y expusieron de manera explícita las limitaciones del estudio.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, al Instituto Tecnológico de Tijuana y a la Red de Investigación en Economía Social y Solidaria (Red RIESS) el respaldo académico, institucional y colaborativo ofrecido a los proyectos sobre economía social y solidaria, Nodos de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS), Agenda 2030 y desarrollo territorial sostenible.

Los autores reconocen especialmente el trabajo de las personas que forman parte de la Red RIESS. Su participación ha permitido reunir capacidades académicas, metodológicas y territoriales para la investigación aplicada, la creación de redes, la sistematización de experiencias regionales y el impulso de informes locales y subnacionales voluntarios orientados al seguimiento de los Objetivos de

Desarrollo Sostenible. Este reconocimiento se extiende a los NODESS participantes, los cuerpos académicos, los grupos de investigación, las presidencias de academias, los consejos de posgrado y los claustros doctorales relacionados con la Red RIESS.

De igual manera, se agradece la colaboración de las instituciones educativas, comunidades, productores, docentes, estudiantes, gobiernos locales y organizaciones sociales que participaron en las experiencias documentadas. Sus contribuciones han ayudado a construir una visión compartida de la innovación social, la cooperación interinstitucional, la inclusión, la sostenibilidad y la articulación territorial en México.

Referencias

- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2023). *Promoción de la economía social y solidaria para el desarrollo sostenible (A/RES/77/281)*. Naciones Unidas. <https://undocs.org/A/RES/77/281>
- Balderrabano Briones, J., Martínez Gutiérrez, R., Arriola Escalante, C. I., & Estévez Lavín, J. (2025). ODS 2: Hambre cero y economía social en Zempoala: Un estudio comunitario desde la estadística aplicada. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 10–15). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518122>
- Bárceñas Cortés, A. L., Martínez Jiménez, E., & Cortés Aguirre, R. (2025). Análisis e impacto de los recursos energéticos en México y otros países en la economía social: Caso de estudio de una parcela agrovoltáica. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 67–85). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518126>
- Chávez Remigio, J. E. (2025). Construyendo redes de conocimiento: El Instituto Tecnológico de Ensenada y su contribución a la Red RIESS del TecNM. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 37–54). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518124>
- Corral Morales, E., Atríp Karam, L., Rodríguez Leyva, E., & Valenzuela Alcaraz, V. (2025). Calidad de vida en la vivienda para el desarrollo de las comunidades de Huatabampo. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 108–119). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518129>
- Díaz Azamar, Á., Parra Valis, D., Lira Vázquez, I., & Olguín Jácome, Z. (2025). Liderazgo y participación comunitaria en la economía social y solidaria. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 39–43). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518126>
- Eliseo Dantés, H., Castro de la Cruz, J., Guerra Que, Z., & García Reyes, D. A. (2025). Enseñando a cambiar el mundo: La economía social y solidaria en la educación. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 34–38). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518125>
- Guadarrama Ramírez, J. A., López Valle, K., Quintero Rosas, V., López Pérez, M. de J., & Aguirre Suni, C. S. (2025). Historia del NODESS del TecNM Mexicali y su impacto en la comercialización del dátil. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 25–36). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518123>
- Hernández Ruiz, S., López Corella, J., Vázquez Cuevas, I., Pérez Olmedo, E., Hernández Herrera, E., & Acuña Coronado, S. (2025). NODESS, apoyo comunitario ITN. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 119–130). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518129>

- Jiménez Bernardino, Á. E., Haro Ramírez, C., Bracamontes, P. E., Marín Maldonado, S. L., Campos Cornejo, D. R., & García, O. F. (2025a). Análisis comparativo de los marcos legales de la economía social y solidaria: La Ley de la Economía Social y Solidaria (LESS) de México y la Ley 454 de 1998 de Colombia. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 53–66). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518125>
- Jiménez Bernardino, Á. E., Martínez Gutiérrez, R., Padilla de la Rosa, J. D., Chávez Ceja, B., Serrano Ortega, M., & Montes Olalde, M. S. (2025b). Educación cooperativa desde la escuela: Estrategia para fortalecer la cohesión social en México. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 36–52). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518124>
- Jiménez Bernardino, Á. E., Martínez Gutiérrez, R., Padilla de la Rosa, J. D., Mora Cabral, S., Lara Chávez, A., & Montes Olalde, M. S. (2025c). Didáctica crítica y economía social: Nuevos horizontes en la educación media superior. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 86–101). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518127>
- Jiménez Márquez, O., Lucas Bravo, G., Oropeza Tosca, D. R., Rincón Rosales, R., & González Izquierdo, K. (2025). Modelo económico para comunidades y su relación con el maíz criollo (Zea mays): Caso Tlaxiaco. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 50–63). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518128>
- Lacruhy Enríquez, C. C. (2025). Iniciativa de taller de cooperativas para el bienestar común: Caso Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Los Cabos. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 70–77). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518126>
- León López, A. A., López Muñoz, J., & Cabrera Mendoza, E. (2025). Enseñar la complejidad para el futuro: Economía social y solidaria y escenarios prospectivos para el TecNM. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 23–35). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518123>
- Martínez Gutiérrez, R., Barreto Canales, I. G., & Díaz Obrajero, M. (2025c). Políticas públicas para innovación sostenible: Casos de tesis de doctorado en administración en TecNM. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 13–22). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518122>
- Martínez Gutiérrez, R., Cerdá Suárez, L. M., Nagao Menezes, D. F., Wulf Betancourt, E., Morales Guerrero, R. E., Álvarez Rodríguez, J. F., Cuéllar de Reyes, G. Y., Arce Cordero, G., Quirós, M. J., & Arce Portugués, R. (2025b). ODS 17: Investigación y desarrollo de la Agenda 2030 de la ONU, caso Red RIESS internacional. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 16–24). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518122>

- Martínez Gutiérrez, R., Cruz Ibarra, C., Boacang, Q., & Landero Mada, A. A. (2025d). Desarrollo sistémico (QHS): Casos de tesis de doctorado en administración en TecNM. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 1–12). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518121>
- Martínez Gutiérrez, R., Macario García Caudillo, P., Mora Cabral, S., Serrano Ortega, M., Chávez Ceja, B., Lara Chávez, A., & Carey Raygoza, C. E. (2025e). Economía social y solidaria, cooperativismo y Agenda 2030: Un ecosistema para vetas de investigación. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 1–9). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518121>
- Martínez Gutiérrez, R., Mora Carbajal, S., Serrano Ortega, M., Chávez Ceja, B., Lara Chávez, A., Montes Olalde, M. S., Ahumada Tello, E., Acuña Álvarez, G., Carey Raygoza, C. E., Michel Ávila, F. E., & Torres Beltrán, G. (2025a). ODS 17: Alianza nacional del NODESS Tijuana en norte, centro y sur México con la Agenda 2030. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 1–15). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518121>
- Meneses Mendoza, S. R., Islava Herrera, C. N., Rodríguez González, E. S., Hernández Barajas, S. M., Guerrero Martínez, A., & Morales Solís, F. J. (2025). Impacto ambiental. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 131–141). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.66025181210>
- Naciones Unidas. (2024). *Informe Subnacional Voluntario Tijuana 2024*. Sustainable Development Goals. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2024-11/ISV%20TIJUANA%202024.pdf>
- Naciones Unidas. (2025). *Voluntary local review: Tijuana 2025*. Sustainable Development Goals. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2026-04/VLR_Tijuana_2025.pdf
- Organización Internacional del Trabajo. (2022). *Resolución relativa al trabajo decente y la economía social y solidaria*. Conferencia Internacional del Trabajo, 110.ª reunión. <https://www.ilo.org/resource/ilc/110/resolution-concerning-decent-work-and-social-and-solidarity-economy>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023). *Policy guide on social impact measurement for the social and solidarity economy*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/270c7194-en>
- Oropeza Tosca, D. R., Campos Donato, E. J., González Izquierdo, K., & Jiménez Márquez, O. (2025b). Sustentabilidad y eficiencia energética en la agricultura: Modernización de un establo para ganado y cultivo de maíz criollo mediante energía solar y eólica. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 64–81). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518129>
- Oropeza Tosca, D. R., Jiménez Márquez, O., González Izquierdo, K., Ramón Santiago, P., & Ruiz Valdiviezo, V. M. (2025a). NODESS del sur: Impulso a la economía social y solidaria en el sureste de México. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 16–27). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518123>

- Posada Gómez, R., Estévez Lavín, J., Forstall Cortés, C. O., & Alvarado Lassmann, A. (2025). Circuito de fortalecimiento cooperativo NODESS 2025. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 44–49). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518127>
- Pérez Garmendia, G., Zapata Dittrich, A., Manzanilla Cárdenas, D. E., Tuz Chable, E. M., & Montiel Izquierdo, E. (2025). Educación ambiental en educación superior: Caso estudiantes de administración. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, J. Balderrabano Briones, D. R. Oropeza Tosca, O. Jiménez Márquez, & H. Eliseo Dantés (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región sur de México* (pp. 28–33). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6912518124>
- Ramírez Escobar, R. A., Mak Huerta, V. C., Valenzuela Soqui, L. C., González Ochoa, S. B., Basurto Álvarez, A., & Zabala Robles, A. A. (2025). Educación para el futuro: Contribuciones del Instituto Tecnológico de Nogales a los ODS de la Agenda 2030. En R. Martínez Gutiérrez, G. Lucas Bravo, A. A. León López, Á. E. Jiménez Bernardino, J. D. Padilla de la Rosa, & V. C. Mak Huerta (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región centro de México* (pp. 102–118). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6602518128>
- Rodríguez Leyva, E., Zazueta Villavicencio, B. E., Gálvez Díaz, M. K., López Soto, S. P., & Romero Ocaño, A. D. (2025). La innovación y su relación con el desarrollo empresarial en Agua Prieta, Sonora: Actor fundamental del ODS 9. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 78–87). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518127>
- Romero Ocaño, A. D., Valenzuela Alcaraz, V. M., Gálvez Díaz, M. K., & Zazueta Villavicencio, B. E. (2025). Equidad de género y liderazgo femenino en la frontera de Sonora: Avances legislativos y retos hacia la Agenda 2030. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 88–107). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.6532518128>
- Zazueta Arguilez, C. G., Quintana Durán, R. G., López Zazueta, A. C., & Zazueta Villavicencio, B. E. (2025). Transformación productiva y sustentabilidad: Propuesta de secado solar de frutas en comunidades rurales y la creación de un NODESS. En R. Martínez Gutiérrez, B. E. Zazueta Villavicencio, & C. A. Rivera Castillo (Eds.), *Economía social y solidaria: Casos de estudio región norte de México* (pp. 120–132). Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.65325181210>

Contribución de autores

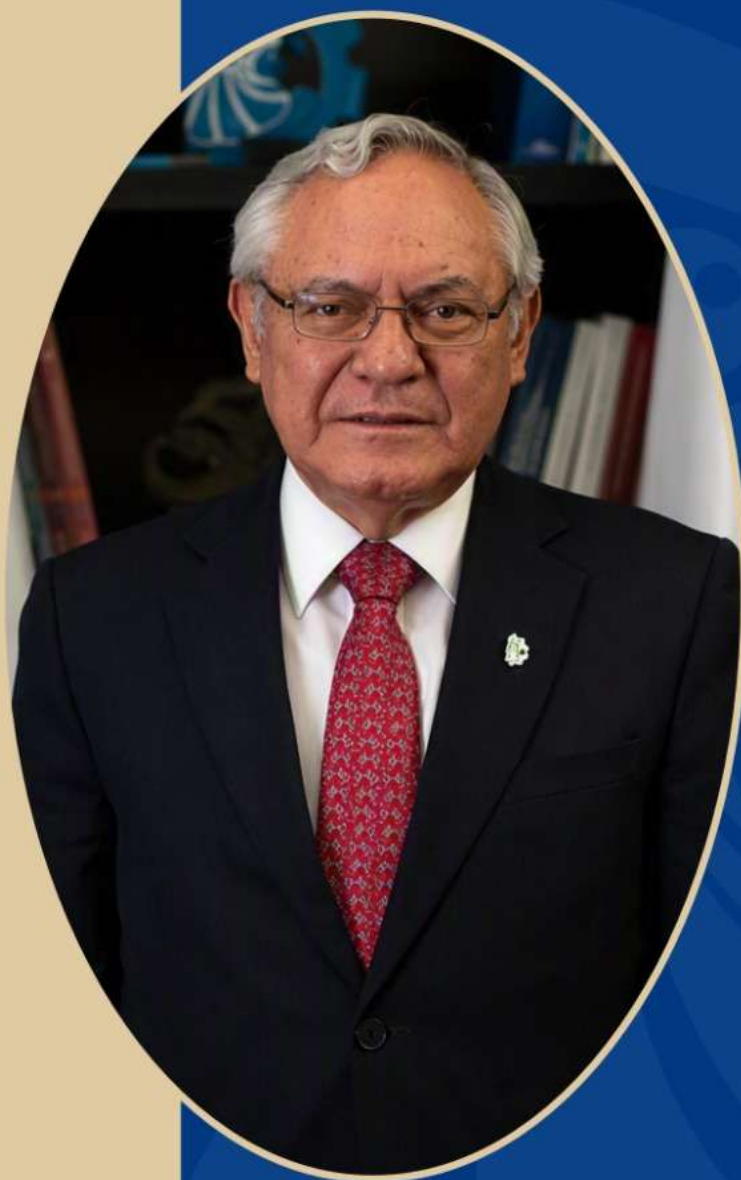
Rol CRediT	Rodolfo Martínez Gutiérrez	Gaudencio Lucas Bravo
Conceptualización	✓	
Metodología	✓	
Software	✓	
Validación		✓
Análisis formal		✓
Investigación	✓	
Recursos		✓
Curación de datos		✓
Redacción – borrador original	✓	
Redacción – revisión y edición	✓	
Visualización		✓
Supervisión		✓
Administración del proyecto	✓	
Obtención de financiamiento	✓	

TecNM: Impulsando la Innovación, la Tecnología y la Gestión Estratégica para el Desarrollo Social y Solidario

Se terminó de editar en agosto del 2026 en los talleres de Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México Teléfono: 01 (33) 1061 8187



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



Ramón Jiménez López

Director General del Tecnológico Nacional de México (TecNM)

Profesor economista, matemático y escritor mexicano.

Cursó estudios en Educación Matemática en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV). Ejerció como docente en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) durante 35 años.

Entre 1991 y 1994, se desempeñó como representante en la II Asamblea de Representantes del Distrito Federal por el Partido Popular Socialista (PPS) y como diputado local del Distrito Federal durante la IV Legislatura de la Asamblea Legislativa. Fué diputado federal suplente por el PPS en las legislaturas LIII y LVI del Congreso de la Unión, y diputado federal durante la LXI Legislatura.

Resultó electo para integrar el Congreso de la Ciudad de México para el periodo 2019-2022 en representación del partido MORENA.

De 2018 a 2022, fungió como director general de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) de la Ciudad de México.

En julio de 2022, fue nombrado por el presidente Andrés Manuel López Obrador como Director General del Tecnológico Nacional de México (TecNM) y ratificado por la presidenta de la República Dra. Claudia Sheinbaum Pardo.

Prudencia, Paciencia y Presencia.

Antonio Andrés Pérez Méndez
Director Jurídico TecNM



IT CD JUÁREZ



IT HERMOSILLO



IT MILPA ALTA



IT CD JUÁREZ



IT TIJUANA



IT MEXICALI



IT CHIHUAHUA II